Georges GINIAUX

COURS COMPLET POUR LA FORMATION TECHNIQUE DES

RADIOS MILITAIRES ET CIVILS

4e Edition — 25e mille

MODULATION EN FRÉQUENCE, LAMPES O.T.C.
NOUVEAUX APPAREILS ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS,
RADARS, ALIMENTATIONS STABILISÉES, ETC...

ÉDITIONS CHIRON
40 Rue de Seine, PARIS (6e)

COURS COMPLET
POUR LA
FORMATION TECHNIQUE
DES
RADIOS MILITAIRES
ET CIVILS

4e édition
24e mille

DU MÊME AUTEUR
A LA MÊME LIBRAIRIE

Tous les montages de T.S.F. 30e *édition.*

Fascicule I. 25 schémas d'amplis et préamplis : de 2 à 100 watts modulés, pour sonorisation salles et plein air, pick-up, micros et cellules cinéma.

Fascicule II. 20 schémas et plans d'exécution de récepteurs à 1 et 2 lampes, sur secteur et sur piles.

Les postes à galène, initiation à la Radio par la construction des postes à galène et des récepteurs à cristaux modernes.

Comment recevoir les ondes courtes :

Fascicule I. Pratique des circuits O.C. Matériel spécial. — Construction de 80 types de bobinages O.C. Choix du matériel O.C. Tableau des stations O.C. mondiales.

Fascicule II. Les antennes O.C. Réalisation de 13 récepteurs O.C., d'un émetteur-récepteur O.T.C. et 4 adaptateurs et convertisseurs O.C. et O.T.C.

La technique de l'alignement des récepteurs à commande unique. *Epuisé*

En collaboration avec M. Lucien CHRÉTIEN :

Les hauts-parleurs et leur technique. *Epuisé*

Le réglage automatique des récepteurs. *Epuisé*

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays, par Editions Chiron, Paris

Georges GINIAUX

COURS COMPLET
POUR LA
FORMATION TECHNIQUE
DES
RADIOS MILITAIRES ET CIVILS

4e Édition, augmentée

MODULATION EN FRÉQUENCE, LAMPES O.T.C.
NOUVEAUX APPAREILS ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS,
RADARS, ALIMENTATIONS STABILISÉES, ETC...

ÉDITIONS CHIRON
40, Rue de Seine, PARIS (6e)

EXTRAIT DE L'AVANT-PROPOS DE LA PREMIÈRE ÉDITION

... Les opérateurs radios qui ont en mains le matériel moderne doivent être plus que jamais des techniciens.

Issus des branches d'enseignement les plus diverses — rarement de l'enseignement technique — obligés souvent de parfaire eux-mêmes une instruction primaire, souvent déjà façonnés par une activité professionnelle totalement étrangère à la Radio, les futurs opérateurs ont à acquérir en peu de temps un bagage technique où rien ne doit être imprécis : le « sens électrique » doit leur échoir, les principes de la radiotransmission doivent leur être familiers, et surtout les lois des circuits, le rôle des organes, les éléments des montages doivent être en leur possession.

Ce cours vise à une formation complète, mais étudiée pour rester accessible à tous, sans culture mathématique. Il a cependant cherché à ne jamais altérer la vérité scientifique telle qu'elle est actuellement établie, tout en gardant un exposé clair. Pour cette raison, le cours fractionne chaque étude en autant de paragraphes et de points qu'il y a de problèmes à traiter.

Nous résumerons ici l'ouvrage en en indiquant les trois parties essentielles :

1° *Physique (notions indispensables)* (1) ;
Electricité;

2° *Théorie de la radiotransmission;*

3° *Technologie, c'est-à-dire études pratiques, spécialement adaptée aux appareils de trafic, et aux méthodes de radiotransmission.*

La lecture de la table des matières donnera, avec plus de précision, l'exposé de l'enseignement choisi.

Nous ne pouvons moins faire que de remercier ici, de tout cœur, les techniciens éminents et les hautes autorités qui nous ont permis, par leurs directives, leurs conseils et leurs encouragements, de conduire au mieux cette tâche.

G. GINIAUX.

---

(1) Cette première partie (pages *1* à *153*, dix-neuf leçons, paragraphes *1* à *203* inclus) fut éditée séparément sous le titre : COURS D'ELECTRICITE GENERALE à l'usage des élèves des Ecoles pratiques d'Industrie et des Ecoles de Radiotélégraphie. Pour les radios, nous avons préféré éditer le cours complet en un seul volume, réunissant le cours d'électricité et le cours de technologie des radiocommunications.

EXTRAIT DE L'AVANT-PROPOS DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Lors de la 2e Edition de ce cours en 1946, après la fin des hostilités et le premier rééquipement de la France, nous disions les développements importants qu'elle présentait, par rapport à la première.

Beaucoup de schémas exacts d'appareils en service avaient pu déjà remplacer les schémas de principe pour illustrer les solutions modernes (exemple schémas d'émetteurs à quartz et multiplication de fréquence pour liaisons rapides entre véhicules sur fréquences prédéterminées). Parmi les sujets nouveaux traités, nous énumérions :

En théorie radio : le principe de la *modulation des ondes en fréquence*, le principe de la *démodulation de ces ondes à la réception*, la théorie de *l'emploi des lampes de T.S.F.* penthodes ou heptodes *comme inductance* (self) *variable*, ou *comme réactance* (condensateur) *variable*, les buts poursuivis dans la construction *des lampes spéciales pour ondes très courtes* et quelques mots sur les *tubes klystrons.*

En technologie radio (pratique) : un nouveau montage d'*émetteur-récepteur portatif sur ondes très courtes*, un paragraphe sur la *stabilité des émetteurs*, le taux de la *dérive*, et l'emploi des *enceintes thermiques* à thermostat;

De nouveaux appareils en service désormais dans la catégorie *des émetteurs à amplification haute fréquence* : sur toutes ondes — sur ondes très courtes; d'autres dans la catégorie des *émetteurs quartz et amplification HF* avec ou sans *multiplicateur* : ondes courtes, ondes très courtes, et même *gamme de 2 à 3 mètres de longueur d'onde;*

Etude de nouveaux dispositifs des émetteurs, *écoute inter-signes*, *limiteurs*, etc.;

Description d'émetteurs d'ondes modulées en fréquence (FM), nouveaux schémas de récepteurs de trafic toutes ondes, sur ondes courtes, sur ondes de 2 à 3 mètres, de récepteurs sur ondes de 4 à 8 mètres pour modulation d'amplitude (MA) ou modulation de fréquence (FM).

Et enfin une refonte totale des chapitres pratique de la mise en service des appareils et « méthodes d'*exploitation, règles de service* ».

G. G.

AVANT-PROPOS DE LA TROISIÈME ÉDITION

Nous tenons à remercier de tout cœur les hautes autorités qui, à nouveau, ont bien voulu nous aider à mettre au point notre ouvrage et à le rendre encore plus efficace pour la formation des radios de toutes armes et des radios civils de marine, d'aviation et des administrations. Nous remercions notamment M. le Général Gilson, Inspecteur général des Transmissions, et MM. les Officiers de l'Etat-Major des Transmissions, boulevard de La Tour-Maubourg.

Nous remercions M. l'Attaché Adjoint de l'Armée à l'Ambassade des Etats-Unis qui a bien voulu nous confirmer que les documents que nous possédions sur les émetteurs et récepteurs en service en France ne seraient plus considérés comme « restricted » et pouvaient être utilisés pour compléter notre ouvrage. Ceci nous a permis de donner quelques dispositifs nouveaux, d'illustrer de nouveaux exemples pris dans les appareils actuels les circuits dont nous enseignons le principe et de publier encore de nouveaux schémas complets. Les installations SCR 536, 508, 609, 610, etc... et les montages français : le Naviphone, le récepteur S.F.R. RU 95, l'émetteur-récepteur MF 460, le récepteur AME 7 G-1680, etc..., enrichissent notre travail, et sont analysés de manière pédagogique, selon le but de cet ouvrage.

Pour faciliter la tâche des instructeurs et des professeurs qui ont déjà adopté ce cours, nous avons évité de changer, dans la mesure du possible, les numéros de référence des chapitres et des figures des premières éditions : dans la majorité des cas, des numéros *bis* ont résolu le problème. En outre, nous avons composé en caractères plus petits les nouveaux paragraphes des 2e et 3e éditions.

G. G.

POUR PRÉSENTER NOTRE 4e ÉDITION

Nous avons voulu conserver à cet ouvrage son caractère pédagogique et c'est pourquoi les circuits d'émetteurs-récepteurs anciens sont enseignés encore ici, comme étapes nécessaires de la formation.

Mais les versions modernes ont été ajoutées : l'émetteur-récepteur à modulation de fréquence ERM 3463 de L.M.T. pour véhicules de police, pompiers, installations portuaires, pétrolières, etc., le groupe émission-réception SFR M405 pour télétypes et liaisons phonie, le récepteur stabilidyne SFR avec comptage de fréquence, les matériels de marine Radio-Océan RO10, RO11, MO302, MR303, les émetteurs-récepteurs légers pour avions TRAP-1A, etc., ont été pris pour exemples de circuits et pour exemples d'utilisation.

G. G.

PREMIÈRE PARTIE

PHYSIQUE

PREMIÈRE LEÇON

DÉFINITIONS ÉLÉMENTAIRES DE PHYSIQUE

La physique étudie les différentes manifestations de l'*énergie* dans le monde matériel : la chaleur, la lumière, l'électricité, l'énergie mécanique, l'énergie nucléaire, sont des formes différentes de l'énergie.

Les principes essentiels de la physique, communs à toutes ces sciences, doivent donc être connus avant d'aborder l'étude particulière de l'énergie électrique, qui pourra nous conduire ensuite à l'étude de cette manifestation spéciale de l'énergie électrique que l'on désigne sous le nom de radioélectricité.

Les notions fondamentales de la physique que nous allons successivement *définir*, représentent des phénomènes parfaitement mesurables. Nous étudierons donc également les unités pratiques qui servent à les mesurer.

1. — Unités, systèmes d'Unités. — Les unités de longueur, de poids et de temps, servent de bases pour définir les unités qui mesureront tous les autres phénomènes physiques.

EXEMPLE : si je dis la *vitesse* est la grandeur du déplacement d'un corps en un temps donné et que je veuille évaluer cette vitesse, je devrai choisir comme base une unité de distance (longueur), par exemple le centimètre, et une unité de temps, par exemple la seconde. Si j'avais choisi le mètre au lieu du centimètre, je n'aurais pas obtenu une unité de vitesse de même grandeur.

Il est donc nécessaire de choisir des bases fixes; c'est ce qu'on appelle le *système* d'unités.

Le système d'unités le plus commun — en théorie — est basé sur : le *centimètre* comme unité de longueur, le *gramme* comme unité de masse, la *seconde* comme unité de temps. Il est pour cela désigné sous le nom de système C.G.S.

Il arrive que, pour mesurer certaines grandeurs, les unités basées sur le centimètre, le gramme et la seconde soient trop petites. Le cas est fréquent. On peut alors se baser sur le mètre, le kilogramme, etc... Il suffit de le spécifier.

Parfois, une unité est créée de toutes pièces par la pratique (exemple : le cheval-vapeur : CV). On établit alors son équivalence en unités d'un système, et il est possible ainsi d'utiliser les unités pratiques dans les calculs.

2. — Définition d'une force. — *On appelle force, toute cause pouvant modifier le mouvement — ou le repos — d'un corps.*

Exemple : un être vivant possède une force en lui-même qu'il peut employer à déplacer des corps, les arrêter s'ils sont en mouvement...

Le poids d'un corps est une force. — Par exemple, le poids de l'eau dans une chute d'eau est utilisé pour faire tourner une roue de moulin... Mais la force de la pesanteur variant selon les latitudes — elle est de plus en plus forte lorsqu'on va de l'équateur vers les pôles de la terre — l'obligation de prendre le poids comme unité de force, ne nous donne pas une unité fixe. L'unité fixe sera le *gramme-masse*, qui représente la matière de 1 cm^3 d'eau à 4°. Lorsque l'on parlera de gramme à propos de calcul de force, on sous-entendra donc toujours le poids d'un gramme-masse, au lieu considéré.

3. — Unités de force. — Les unités du système théorique sont très petites, donc peu courantes. Le système C.G.S. emploie *la dyne* qui est 981 fois plus petite que le gramme-masse.

L'unité pratique de force sera couramment le kilogramme-poids.

Ainsi, un litre d'eau a une force de 1 kilog, car il pèse environ 1 kilogramme à 4°, et que ce poids peut être utilisé comme force. Ainsi, 100 litres d'eau auront une force de 100 kilos. Bien entendu — et malheureusement — toute cette force que possèdent les 100 litres d'eau ne sera pas utilisée intégralement. Nous devrons, dans l'étude de l'utilisation de la force, faire entrer les « pertes » en ligne de compte.

4. — Définition du travail. — Toute force en déplacement produit du travail.

La valeur du travail sera mesurée en effectuant le produit de la

valeur de la force par la valeur du déplacement. si le déplacement se fait dans la direction de la force. Ce que l'on résume ainsi :

Travail = Force × déplacement

Exemple : 100 litres d'eau tombent de 10 mètres. Un travail est produit, puisque le fait de cette chute est suffisant pour faire tourner une roue à aubes, une turbine et, par elles, une usine. Quelle est la valeur de ce travail? (Fig. 1)

La définition donnée ci-dessus nous enseigne qu'il faut multiplier 100 kg. (poids de l'eau, donc force) par 10 mètres (déplacement). En quelle unité sera obtenu le résultat?

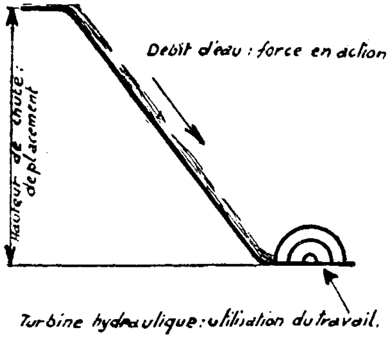


FIG. 1
Exemple d'un travail accompli par une force (chute d'eau)

5. — **Unités de travail.** — L'unité pratique sera le kilogrammètre. Donc, *le kilogrammètre sera le travail effectué par une force de 1 kilogramme se déplaçant de 1 mètre.*

L'exemple précédent traitait d'un travail de : 100 × 10 = 1.000 kilogrammètres (kgm.).

L'unité de travail du système C.G.S. est l'*erg;* l'erg est le travail effectué par une force de une dyne se déplaçant de 1 centimètre.

L'erg étant très petit, on emploie son multiple : le joule, qui vaut 10^7 ergs.

Donc, 1 joule = 10.000.000 ergs.

La relation entre les deux unités pratiques de travail, kilogrammètre et joule, est la suivante :

1 kgm = 9,81 joules

et 1 joule = 0,102 kgm.

L'une ou l'autre de ces égalités permet donc de passer de l'une à l'autre unité, au cours des calculs.

EXEMPLE : 100 litres d'eau tombant de 10 mètres effectuent un travail de 1.000 kgm.

En joules, ce travail sera de : 9 j. 81 × 1.000 = 9.810 joules, ou, aussi bien :

$$\frac{1 \text{ j.} \times 1.000}{0,102} = 9.810 \text{ joules.}$$

6. — Définition de la puissance. — *On appelle puissance la quantité de travail faite pendant l'unité de temps.*

La valeur de la puissance sera donc mesurée en *divisant* la valeur du travail effectué par le nombre de secondes.

Il est évident qu'une machine qui met deux fois plus de temps qu'une autre pour accomplir un certain travail est par conséquent deux fois moins puissante que cette autre. On résume cela ainsi :

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Travail}}{\text{Temps}}$$

ou encore :

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Force} \times \text{déplacement}}{\text{Temps}}$$

EXEMPLE : les 100 litres d'eau tombant de 10 mètres sont fournis par un torrent. Ce débit de 100 litres est le débit en cinq secondes. Quelle est la puissance de cette chute?

La définition donnée nous répond : Divisez 1.000 (nombre de kgm) par 5 (nombre d'unités de temps). En quelle unité sera obtenu le résultat?

7. — Unités de puissance. — *Le kilogrammètre/seconde est la puissance fournie par un dispositif effectuant un travail de 1 kilogrammètre en 1 seconde.*

Dans l'exemple précédent, la puissance peut donc être évaluée à

$$\frac{1.000}{5} = 200 \text{ kilogrammètres/seconde (kgm/s)}$$

L'unité de puissance du système C.G.S. est de même l'erg-seconde. Mais, de même que pour les unités de travail, le joule-seconde qui vaut 10^7 ergs-seconde lui est préféré. Le joule-seconde est appelé *watt.*

Le watt est la puissance développée pour un travail de 1 joule effectué en une seconde.

La relation entre les deux unités pratiques de puissance, kilogrammètre/seconde et watt sera donc :

1 kgm/seconde = 9,81 watts

et 1 watt = 0,102 kgm/seconde.

Cependant, l'industrie a été amenée à employer, à côté du watt et de ses multiples, hectowatt et kilowatt, une unité pratique de puissance appelée le *cheval-vapeur* (CV).

Le cheval-vapeur est la puissance développée lorsqu'un travail de 75 kilogrammètres est effectué en une seconde.

Donc :

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm/seconde}$$

et

$$1 \text{ CV} = 75 \times 9{,}81 = 736 \text{ watts.}$$

8. — Unités quantitatives pratiques de travail dérivées des unités de puissance. — On emploie, pour calculer le travail effectué dans un temps donné, des unités plus grandes que le kilogrammètre et le joule, obtenues par le produit de la puissance par le temps.

En effet, si :

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Travail}}{\text{Temps}}$$

nous avons : Travail = Puissance × temps.

Une machine d'une puissance de 300 kgm/seconde, effectuera en 10 minutes, c'est-à-dire en 600 secondes, un travail de :

$$300 \text{ kgm} \times 600 = 180.000 \text{ kgm.}$$

Or, *si nous prenons pour unité de puissance le watt, et pour unité de temps l'heure, nous aurons une unité de quantité de travail, le watt-heure.*

Le watt étant un joule/seconde, le watt heure sera égal à :

$$1 \text{ j.} \times 3.600 = 3.600 \text{ joules.}$$

Le cheval-heure, de même, sera égal à :

$$75 \text{ kgm} \times 3.600 = 270.000 \text{ kgm.}$$

9. — Exemple. — Résumé de calcul d'un travail et d'une puissance. — *Une pompe aspirante et foulante élève l'eau à une hauteur de 4 m. et la refoule ensuite dans un réservoir à 32 m. au-dessus d'elle. Le débit de la pompe est de 150 litres en 45 secondes. Quel est le travail effectué pendant ce temps? Quelle est la puissance de la pompe?* (puissance théorique, compte non tenu des pertes) (fig. 2).

Force à développer pour assurer le débit d'eau demandé en 45 secondes : 1 kg × 150 = 150 kg.

Déplacement à effectuer : 32 m. + 4 m. = 36 mètres.

Travail effectué en 45 secondes : 150 × 36 = 5.400 kgm.

Ce travail de 5.400 kilogrammètres peut aussi être exprimé en *joules* : 9,81 j. × 5.400 = 52.974 joules.

Si ce travail devait être exprimé en unité C.G.S. de travail, sa valeur serait 10^7 ergs × 52.974 = 529.740.000.000 ergs.

Ce travail étant effectué en 45 secondes, la *puissance* de la pompe est théoriquement de : 5.400 : 45 = 120 kgm/s.

Cette puissance de la pompe en *chevaux-vapeur* est égale à :

$$1 \text{ CV} \times \frac{120}{75} = 1{,}6 \text{ CV}$$

Cette puissance évaluée en watts sera :

$$736 \text{ watts} \times 1{,}6 = 1.117{,}6 \text{ watts}$$

ou 1,1176 kilowatt.

La puissance en watts aurait pu être calculée de même à partir de la valeur du travail en joules, le watt étant 1 joule/seconde :

$$1 \text{ watt} \times \frac{52.974}{45} = 1.117{,}2 \text{ watts}$$

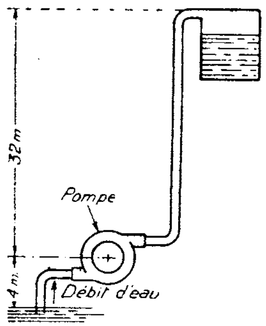


Fig. 2

Exemple d'un travail accompli dans l'unité de temps, la force (débit de l'eau) étant évaluée dans un temps donné.

La différence de quelques dixièmes de watts entre les deux résultats provient de ce que la valeur 736 watts pour un cheval-vapeur est une valeur approximative; en effet, 9,81 × 75 est égal à 735,75 watts exactement.

10. — Définition de l'énergie. — *On dit qu'un corps ou qu'un ensemble de corps possède de l'énergie lorsqu'il est capable de fournir du travail.* L'énergie est donc la *source* du travail.

Exemples : la chute d'eau possède de l'énergie; le corps humain possède de l'énergie.

Unités d'énergie. — L'énergie développée par un phénomène physique sera évaluée d'après la grandeur du travail effectué par ce phénomène. Donc, *l'énergie sera évaluée en unités de travail* : kilogrammètre, joule, erg...

11. — Formes de l'énergie. — L'énergie puise sa source dans des phénomènes physiques différents, tous susceptibles de fournir du travail.

Ainsi, la chute d'un corps, la rotation d'un moteur, le va-et-vient des marées des océans sont des effets de *l'énergie mécanique* (mécanique : science du mouvement).

La combustion d'un corps dégage un certain travail, qui se manifeste sous forme de chaleur. Cette combustion produite par la combinaison du carbone avec l'oxygène de l'air est en effet de *l'énergie chimique.*

Le résultat obtenu, la chaleur, est une manifestation de l'énergie sous la forme d'*énergie thermique.*

Nous aurons spécialement à étudier une autre forme de l'énergie : *l'énergie électrique...*

12. — Transformation de l'énergie. — Le travail développé par une source d'énergie pourra se manifester sous une forme d'énergie différente, grâce aux appareils imaginés par les hommes.

Nous avons vu que la combustion déterminait la transformation de l'énergie chimique en énergie thermique (chaleur). De même l'action

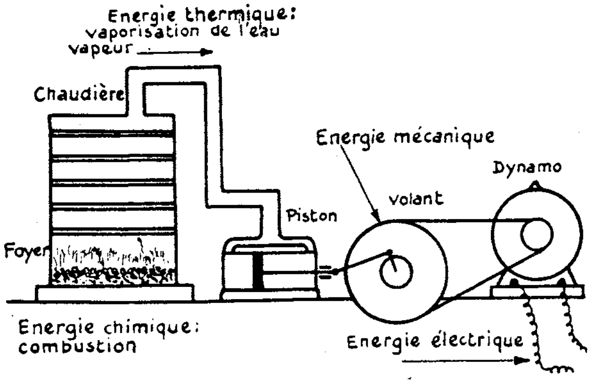


Fig. 3

Transformation de l'énergie dans l'exemple d'une machine à vapeur entraînant une dynamo.

de l'acide chlorhydrique sur un sel de zinc dégagera de la chaleur : transformation de l'énergie chimique en énergie thermique. L'énergie électrique, grâce au moteur électrique, deviendra énergie mécanique; grâce à la lampe à incandescence, l'énergie électrique deviendra énergie lumineuse et énergie thermique... (fig 3).

La rupture du noyau des atomes d'uranium libère l'énergie qui unissait les particules; elle se révèle sous forme de chaleur (énergie thermique).

13. — Conservation de l'énergie. — L'axiome « rien ne se perd, rien ne se crée » se vérifie pour l'énergie. L'énergie ne disparaît pas. Cependant, au cours d'une transformation, du passage

de l'énergie d'une forme à une autre, il y a toujours des pertes. Mais ces pertes se manifestent sous forme d'énergies de formes différentes, donc inutilisées. Mais la somme de l'énergie utilisée et des énergies perdues est rigoureusement égale à l'énergie fournie. Ainsi, si l'on dépense 100 kilogrammètres pour effectuer un travail qui n'en nécessitait théoriquement que 80, c'est que les 20 kilogrammètres absorbés en surplus représentent le frottement par exemple (énergie mécanique), la chaleur dégagée au cours du travail (énergie thermique).

14. — Dégradation de l'énergie. — Classification des formes de l'énergie. — Les passages de l'énergie d'une forme à une autre entraînant toujours des pertes sous des formes d'énergie non utilisées, on peut constater que ces pertes sont plus ou moins importantes, selon la nature de l'énergie productrice. Ainsi, l'énergie thermique se transforme difficilement en énergie mécanique, les pertes d'énergie sont très élevées.

Il existe donc des formes supérieures de l'énergie, plus aisément utilisables, et avec moindre gaspillage. Ces remarques amènent à classer les formes de l'énergie, selon le tableau suivant, par ordre croissant :

énergie thermique,
énergie chimique,
énergie mécanique,
énergie électrique.

L'énergie électrique est une forme supérieure de l'énergie.

15. — Rendement. — *On appelle rendement le rapport entre l'énergie utilisable après transformation et l'énergie qui avait été fournie. Il s'exprime en tant pour cent.*

Ainsi, la pompe qui avait, dans notre exemple précédent, 5.400 kgm à effectuer en 45 secondes, ce qui demandait une puissance de 1,6 CV, nous l'avons calculé, devra en fait être plus puissante, 2 CV par exemple.

Puisque 2 CV = 75 × 2 = 150 kmg/seconde, le travail en 45 secondes était de 150 × 45 = 6.750 kgm.

L'énergie utilisée n'étant égale qu'à 5.400 kgm le rendement du dispositif est de :

$$\frac{5.400 \times 100}{6.750} = 80\ \%$$

De ce calcul, il ressort qu'il était plus simple de calculer le rendement d'après l'énergie utilisée et l'énergie fournie pendant une seconde.

Soit : $$\frac{120\ \text{kgm} \times 100}{150\ \text{kgm}} = 80\ \%$$

Ce qui se traduit donc par : *le rendement est égal au rapport entre la puissance utilisée et la puissance fournie, exprimé en tant pour cent.*

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance fournie}} \times 100$$

ou encore

$$\text{Rendement} : \frac{\text{Puissance fournie} - \text{Pertes}}{\text{Puissance fournie}} \times 100$$

Le rendement d'une dynamo, machine transformant l'énergie mécanique en énergie électrique, peut atteindre 95 %. Par contre, le rendement d'une machine à vapeur qui transforme l'énergie thermique en énergie mécanique, n'atteint que 10 à 12 %; ce qui illustre notre classification des formes d'énergie.

16. — Unités thermiques de travail. — Equivalences. — L'énergie thermique susceptible de fournir un travail comme toute énergie, est généralement évaluée en unités thermiques : *grande calorie* et *petite calorie.*

La grande calorie est la quantité de chaleur qu'il faut pour élever de 1 degré la température de 1.000 grammes d'eau. (La petite calorie : 1 g d'eau). La grande calorie vaut donc 1.000 petites calories. Or, il est utile de connaître la correspondance entre ces unités thermiques et les unités pratiques de travail. On a pour cela converti un travail mécanique entièrement en énergie thermique (travaux du savant *Joule*) et procédé à des calculs précis, dont voici les résultats :

$$1 \text{ grande calorie} = 426 \text{ kgm}$$

ou

$$1 \text{ petite calorie} = 0{,}426 \text{ kgm} = 4{,}18 \text{ joules}$$

EXEMPLE : un kilogramme de charbon dégage, par sa combustion, de 7.000 à 8.000 grandes calories. Il est simple, grâce aux chiffres ci-dessus de calculer en kilogrammètres ou en joules la valeur de cette énergie thermique.

La conversion des unités de travail " joules " en unités thermiques " calories " sera appliquée dans le cas de transformation en chaleur du travail effectué par un courant électrique; la " loi de Joule ", au paragr. 41 exprime ce cas.

ÉLECTRICITÉ

DEUXIÈME LEÇON

ÉTAT ÉLECTRIQUE D'UN CORPS
CORPS ISOLANTS — CORPS CONDUCTEURS

17. — Constitution de la matière. — Tout corps, solide, liquide ou gazeux, est formé de *molécules*, les plus petites parties de ce corps qui puissent exister.

Chaque molécule d'un *corps composé* est formé de plusieurs *atomes* de différents corps simples.

Chaque molécule d'un *corps simple* est formé d'un ou plusieurs *atomes* de ce corps simple.

Toute matière a donc pour origine des atomes de corps simples, groupés en molécules.

EXEMPLE : la molécule d'eau se compose de deux atomes d'hydrogène et de un atome d'oxygène. Il suffira que l'on *combine* deux parties d'hydrogène avec une partie d'oxygène pour obtenir de l'eau.

La molécule d'oxyde de zinc est formée d'un atome de zinc et d'un atome d'oxygène. La molécule d'acide sulfurique est composée d'un atome de soufre, quatre atomes d'oxygène et deux atomes d'hydrogène...

Les atomes des différents corps simples sont tous composés simplement d'une petite quantité d'électricité positive, le noyau, autour duquel tournent sans arrêt de petites particules d'électricité négative, les *électrons*, tout comme les planètes tournent autour du soleil. *L'atome d'un corps diffère d'un atome d'un autre corps par le nombre d'électrons contenus dans cet atome et par la structure de son noyau positif, mais cette structure est elle-même en rapport avec le nombre d'électrons de l'atome.*

Ainsi dans l'atome du cuivre, il y a vingt-neuf électrons autour du noyau.

L'atome étant toujours constitué par une certaine quantité d'électricité positive (noyau) et par une certaine quantité d'électricité négative (total des électrons), il y a à l'état normal égalité de valeur entre cette charge positive et cette charge négative. Il y a donc équilibre, et le corps considéré est *électriquement neutre.*

Il y a lieu de noter que, à l'intérieur de chaque atome, quelques-uns des électrons situés le plus loin du noyau, ont tendance à s'échapper de l'atome. Ces électrons vagabonds sont surtout nombreux dans les atomes des métaux.

18. — Etat électrique d'un corps chargé négativement. — Si, par la chaleur, ou par le frottement, ou par une réaction chimique, on agit sur certains corps, des électrons libérés se portent à leur surface. Le corps devient chargé *d'électricité négative*. C'est ce qui se produit lorsqu'on frotte un bâton de résine, un stylo, contre une étoffe. Ce corps frotté devient capable d'attirer des corps légers — petits morceaux de papiers (fig. 4).

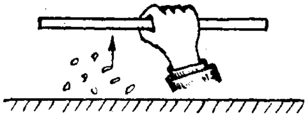


FIG. 4
Attraction de fragments de papier par un corps chargé d'électricité négative (bâton de résine frotté).

Le phénomène qui a produit ce résultat est le suivant : les molécules à la surface du corps (bâton de résine) ont accumulé des électrons en supplément, et l'état neutre n'existe plus : il y a un surplus d'électricité négative à la surface du corps.

19. — Etat électrique d'un corps chargé positivement. — Pour certains autres corps, les effets du frottement se traduisent différemment. Ainsi, un bâton de verre frotté attirera une boulette de moelle de sureau suspendue à un fil (fig. 5), alors qu'un bâton de résine la repoussera (fig. 6).

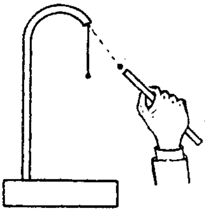


FIG. 5
Attraction d'un corps électriquement neutre (boulette) par un corps chargé d'électricité positive (verre frotté).

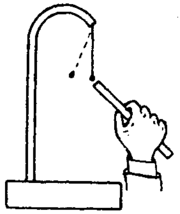


FIG. 6
Répulsion d'un corps chargé négatiment par l'approche du verre frotté, lorsque s'approche le corps chargé négativement (résine).

Le verre, par le frottement, s'est chargé positivement; le phénomène en effet a enlevé des électrons aux molécules de la surface, et il y a donc cette fois excès d'électricité positive, l'équilibre est rompu en sens contraire.

20. — Attraction et répulsion des masses d'électricité et, par suite, des corps chargés électriquement. — Les

expériences d'attraction du papier ou de la boulette, illustrées par les figures 4, 5, 6, nous apprennent des lois essentielles.

Si le papier a été attiré par l'électricité négative développée sur la résine, c'est parce que les électrons en surplus sur celle-ci ont appelé les noyaux positifs des molécules du papier (fig. 4).

Si la boulette — encore neutre — a été attirée par l'électricité positive qui, sur le verre, manquait d'électrons, c'est pour lui fournir des électrons (fig. 5).

Mais cette boulette, ainsi chargée négativement par l'appel d'électrons s'est éloignée du bâton de résine qui lui est présenté (fig. 6) les deux corps en présence ayant un surplus d'électrons, c'est-à-dire étant chargés négativement. Ces phénomènes, connus depuis des siècles, ont été résumés, en simplifiant ce qui se passe réellement, par les lois suivantes, très simples. (*Lois de Coulomb* électrostatiques) :

1° *Deux masses d'électricité de noms contraires s'attirent;*

2° *Deux masses d'électricité de même nom se repoussent.*

On désigne l'électricité positive par le signe + et l'électricité négative par le signe —.

21. — Corps isolants. — Certains corps, lorsqu'on développe une charge électrique en un point de leur surface, la conservent à cet endroit. Ce sont des isolants. Ainsi la résine, le verre, le bois sec, etc...

21 *bis*. — Corps bons conducteurs. — D'autres corps, et en particulier les métaux, ne conservent pas la charge électrique, elle se transmet le long du métal : ce sont les corps conducteurs. En effet, les électrons libérés libèrent les électrons des molécules voisines. Les différents métaux sont plus ou moins bons conducteurs, suivant qu'ils offrent plus ou moins de résistance à ce passage des électrons négatifs de l'une à l'autre molécule.

La terre étant bonne conductrice, toutes les charges électriques mises en contact avec elle s'y dispersent. *Les conducteurs, pour pouvoir conserver une charge électrique, doivent donc être isolés de la terre, c'est-à-dire séparés d'elle par des corps isolants.*

L'eau est aussi bonne conductrice. ce qui explique que le bois ne peut être employé comme isolant que lorsqu'il est sec.

Le corps humain est plus ou moins bon conducteur, car il offre plus ou moins de résistance au passage des charges électriques, suivant l'état physique, sueur, moiteur de la peau, etc...

22. — Champ électrique. — *On appelle champ électrique l'espace où se font sentir des forces électriques.*

Cette définition de *champ* n'est pas particulière à l'électricité : ainsi, en tout point de la surface de la terre un corps est soumis à la force de la pesanteur (attraction vers le centre de la terre) ; on dit qu'il y a un champ de la pesanteur.

TROISIÈME LEÇON

ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : COURANT

23. — Potentiel et différence de potentiel. — Nous allons comparer deux phénomènes, celui de la *chute d'un corps*, déjà pris en exemple dans notre définition de physique (paragraphes 1 à 9 de la première leçon) et celui d'un *déplacement d'électricité.* Ceci dans le but de montrer ce qu'on appelle en électricité « différence de potentiel » peut être assimilé à une « différence de niveau », et joue le même rôle. Comparez entre eux les textes des deux colonnes ci-dessous.

Nous savons que, dans la chute d'une masse d'eau, il y a *travail* parce qu'une *force* (action de la pesanteur sur la masse de l'eau) obtient un *déplacement* (chute d'une hauteur de 10 mètres par exemple; cas de la fig. 1 page 9. Le fait pour l'eau de se trouver à un niveau supérieur au niveau d'utilisation permet la chute, donc permet la création du travail; à ce niveau plus élevé, on dit, avant la chute, qu'on dispose d'une *énergie potentielle,* ce qui veut dire énergie en réserve.

■

On appelle *potentiel de pesanteur* ce qui détermine la grandeur de l'énergie en réserve. Il est indépendant de la masse elle-même. En effet, *le potentiel de pesanteur représente le travail à fournir pour amener l'unité de masse d'un point à un autre, il ne dépend donc que de la différence de niveau entre ces deux points.* Exemple : Etant entendu que nous nous basons sur un kilo de matière, le nombre de kilogrammètres à dépenser pour l'élever ne dépend que du nombre de mètres de l'élévation. Cela reste aussi vrai s'il s'agit d'énergie obtenue par la descente d'une unité de masse. On voit que la différence de niveau détermine le *potentiel d'énergie,* et que là où il n'y a pas de différence de niveau (terrain plat) il n'y a plus réserve d'énergie.

■

On peut très bien se fixer un niveau de base; par exemple, le niveau de la mer. Un réservoir peut être à 100 mètres au-dessus du niveau de la mer, et la turbine à 20 mètres. Mais par rapport à la turbine, le niveau du réservoir est à 80 mètres.

Si le réservoir est à 5 mètres *sous* le niveau de la mer, et la turbine à 85 mètres *sous* le niveau de la mer, la différence de niveau est encore 80 mètres, et c'est le réservoir qui est bien le plus haut par rapport à la turbine.

Les charges électriques exercent entre elles des forces (paragr. 20) et le champ résultant (paragr. 22) tend à déplacer dans un sens ou dans l'autre chaque petite charge. Il y a donc un travail effectue et l'énergie développée dans un certain espace dépend des forces et des déplacements obtenus par ces forces, donc de la répartition des charges électriques dans le corps.

■

On appelle *potentiel électrique* entre deux points le travail à fournir pour déplacer une unité de charge électrique d'un point à l'autre, c'est donc en quelque sorte la *différence de niveau électrique* entre ces deux points.

CONSÉQUENCE : l'energie (travail) et aussi la puissance seront d'autant plus grandes que la différence de potentiel sera grande (voir paragr. 28).

Dans un corps où les charges électriques négatives et positives sont telles qu'il n'y a pas de déplacement de charges (on dit qu'il y a équilibre statique), le potentiel est le même partout à la surface du corps.

■

Selon le sens des forces qui prédominent, le potentiel d'un corps sera positif ou négatif. Mais ce qui importe, c'est la différence des potentiels; il suffit donc de considérer entre deux corps celui dont le potentiel est le plus élevé. Et, par exemple, entre deux corps dont les potentiels sont tous deux négatifs —5 volts et —85 volts, celui dont le potentiel absolu est le plus faible 5 volts doit être considéré comme positif par rapport à l'autre. Nous verrons (paragr. 25) que les différences de potentiel se mesurent en volts.

24. — Courant électrique. — *Lorqu'on réunit par un corps bon conducteur deux corps électrisés à des potentiels différents, un déplacement des charges d'électricité (électrons libres) s'établit par le chemin du conducteur pour tendre à ramener l'équilibre, c'est-à-dire l'égalité des potentiels des deux corps.*

C'est ce flux d'électrons qui constitue le courant électrique.

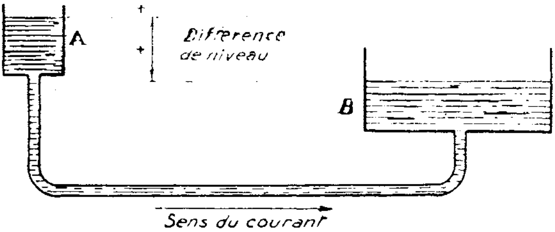


FIG. 7
Etablissement d'un courant d'eau par le moyen de deux vases communicants

ANALOGIE HYDRAULIQUE. — Soit deux vases remplis d'eau communiquant par une canalisation, reliant leurs bases. Si, en soulevant l'un des vases, on élève *le niveau* de l'eau de ce côté, un *courant d'eau* se propagera dans la canalisation pour tendre à rétablir l'*équilibre des niveaux* (fig. 7). Il y a lieu de faire une remarque importante : ce n'est pas le vase qui contient le plus d'eau qui va envoyer de l'eau à celui qui en contient le moins; ainsi A étant plus étroit que B (fig. 7) contient moins d'eau; mais c'est celui dont l'eau est au niveau le plus élevé (A) qui enverra de l'eau à B.

De même, dans le cas d'un courant électrique, la quantité d'électricité ne jouera pas de rôle pour déterminer le courant. C'est *la différence de niveau électrique* (ou différence de potentiel) entre les deux points qui sera la cause unique.

C'est uniquement la différence de potentiel entre deux points qui est à considérer, la valeur des potentiels absolus n'importe pas.

ANALOGIE HYDRAULIQUE. — Que le vase A de la figure 7 soit à 10 ou à 15 mètres au-dessus du niveau de la mer ne changera rien au courant d'eau si la différence de niveau entre les vases A et B ne change pas.

La différence de potentiel est aussi appelée *tension* électrique.

25. — Volt. — La différence de potentiel électrique entre deux points s'exprime en volts, tout comme la différence de niveau hydraulique s'exprime en mètres.

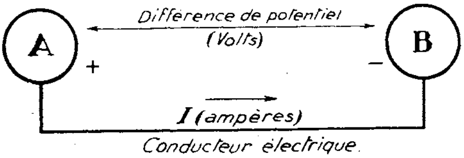


FIG. 8
Etablissement d'un courant électrique entre deux points de niveau (potentiel) électrique différent par le moyen d'un conducteur.

26. — Débit ou intensité de courant. — Le courant électrique est caractérisé par la quantité d'électricité qui passera en un temps donné dans la canalisation, de même que le courant hydraulique de A vers B sera évalué par le nombre de litres d'eau passant en un temps donné.

L'intensité d'un courant électrique est la quantité d'électricité passant en une seconde en un point du circuit (fig. 8).

26 *bis.* — **Ampère.** — L'unité de quantité d'électricité théorique étant le coulomb, *l'unité d'intensité est égale à un coulomb passant en une seconde; elle est appelée ampère.*

$$I_{(\text{ampères})} = Q_{(\text{coulombs})}\ t_{(\text{secondes})}$$

27. — Effets du courant électrique. — Le passage d'un courant électrique à la suite d'une *différence de potentiel* existant entre deux points donnés reliés par un conducteur se manifestera par des *effets physiques* aisément vérifiables.

Ainsi, un fil fin traversé par le courant *s'échauffera*, et pourra même devenir incandescent (filament d'une ampoule d'éclairage électrique).

Ainsi, *l'aiguille aimantée d'une boussole déviera* lorsqu'on l'approchera du conducteur parcouru par le courant; elle tendra à se mettre en croix avec lui.

Un travail est donc accompli par le courant électrique; le courant électrique est une manifestation de *l'énergie électrique.*

En plus de l'effet thermique, de l'effet magnétique et de l'effet chimique (électrolyse) le courant électrique provoque des phénomènes physiologiques (électrocution et ses manifestations dans le corps humain).

28. — Puissance d'un courant électrique. — Cette énergie électrique peut être évaluée, et si on mesure la quantité d'énergie (travail) développée pendant l'unité de temps, on connaîtra la puissance développée par le courant électrique.

De même que la *puissance* dans le cas d'un courant hydraulique est égale à la *force* (poids de la quantité d'eau) débitée pendant une unité de temps (seconde) multipliée par le *déplacement* (hauteur de chute, c'est-à-dire différence de niveau), de même *la puissance développée par un courant électrique sera égale à l'intensité* (quantité d'électricité débitée pendant l'unité de temps) *multipliée par la différence de potentiel* (différence de niveau électrique).

$$\text{Puissance} = \text{Intensité} \times \text{D.d.p.}$$

29. — Relation entre volt, ampère et watt. — L'unité pratique de puissance employée pour l'énergie électrique est le *watt.*

L'unité d'intensité étant l'*ampère*, on a choisi l'unité de différence de potentiel, le volt, de façon à ce que le calcul simple

soit possible $$W = U \times I$$

Dans ce calcul, W est le nombre de watts, U est le nombre de volts mesurant la différence de potentiel et I est le nombre d'ampères circulant dans le circuit électrique.

On pourra donc énoncer comme *définition du volt : le volt est la différence de potentiel qu'il faudra appliquer entre deux points d'un circuit pour que, le courant établi ayant une intensité de un ampère, la puissance développée soit égale à un watt.*

De l'égalité : $W_{(\text{watts})} = U_{(\text{volts})} \times I_{(\text{ampères})}$, on déduit :

$$U_{(\text{volts})} = \frac{W_{(\text{watts})}}{I_{(\text{ampères})}} \quad \text{et} \quad I_{(\text{ampères})} = \frac{W_{(\text{watts})}}{U_{(\text{volts})}}$$

EXEMPLE : Une lampe d'éclairage électrique consomme une puissance de 40 watts; elle est branchée sur un circuit ayant entre ses pôles une différence de potentiel de 110 volts. Quelle est l'intensité du courant qui traverse la lampe?

$$\text{Réponse : } I = \frac{40}{110} = 0{,}363 \text{ ampère}$$

2ᵉ EXEMPLE : Un circuit sur lequel est appliquée une différence de potentiel de 110 volts laisse passer un courant de 2 ampères. Quelle est la puissance développée dans ce circuit par l'énergie électrique?

Réponse : $W = 110 \times 2 = 220$ watts.

30. — Energie électrique. — La puissance étant l'énergie développée en une seconde, on connaîtra l'énergie développée en un temps donné en multipliant la puissance par le nombre de secondes.

La formule : $W_{(watts)} = U_{(volts)} \times I_{(ampères)}$

conduit à : $T_{(joules)} = U_{(volts)} \times I_{(ampères)} \times t_{(secondes)}$

31. — Sens du courant électrique. — Deux points entre lesquels existe une différence de potentiel électrique étant reliés par un conducteur, le courant électrique qui s'établit dans le conducteur entre ces deux points est, selon une convention admise, dirigé du point de potentiel le plus élevé vers le point de potentiel le moins élevé.

Ceci se résume simplement par :

Le courant électrique va du pôle + (positif) vers le pôle — (négatif) à travers le conducteur.

En fait, le déplacement des électrons qui caractérise le courant se fait en sens inverse, de — vers + , mais les électrons étant de l'électricité négative, la convention selon laquelle le courant va de + vers — reste admise.

32. — Règle du bonhomme d'Ampère. — Un conducteur étant parcouru par un courant électrique grâce à une différence de potentiel existant entre ses extrémités, on pourra connaître le sens du courant, et donc savoir de quel côté est le pôle +, en approchant

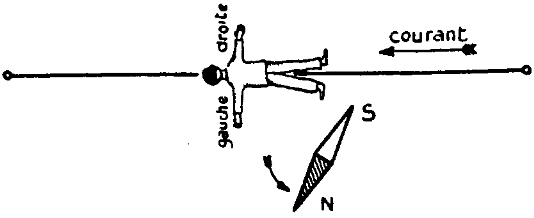


Fig. 9
Règle du bonhomme d'Ampère.

du conducteur l'aiguille aimantée d'une boussole. Pour cela, on appliquera la règle suivante :

Un observateur (bonhomme d'Ampère) *étant supposé couché le long du fil de façon que le courant lui entre par les pieds et lui sorte par la tête* (donc pieds côté +, tête côté —), *et l'aiguille aimantée étant placée sous lui et lui la regardant, le pôle nord de l'aiguille est dévié vers sa gauche.*

La figure 9 illustre cette règle simple.

QUATRIÈME LEÇON

CIRCUIT ÉLECTRIQUE
GÉNÉRATEURS — CONDUCTEURS — RÉCEPTEURS

33. — Entretien de la différence de potentiel. — Générateur. — Nous avons établi qu'un courant électrique parcourait un conducteur lorsque celui-ci réunissait deux points entre lesquels existe une différence de potentiel électrique. Mais il faut que cette différence de potentiel soit entretenue pour que le courant dure, sinon l'équilibre électrique qu'il cherche à rétablir se rétablirait en peu de temps.

La source d'énergie électrique, ou générateur électrique, aura donc pour but de maintenir entre deux points une différence de potentiel électrique. Ces deux points seront les pôles du générateur, et il y aura donc un pôle + et un pôle —.

Ce générateur qui créera l'énergie électrique, en créant une différence de potentiel, empruntera cette énergie à l'une des formes d'énergie connues dans la nature et nous aurons ainsi :

Les générateurs chimiques (comme les piles, les accumulateurs qui se déchargent) qui transforment l'énergie chimique en énergie électrique;

Les générateurs thermiques (rares, parce que de mauvais rendement: piles *thermo-électriques*) qui transforment l'énergie thermique (chaleur) en énergie électrique;

Les générateurs mécaniques (dynamos, magnétos, alternateurs : d'aviation, de marine, de groupes électrogènes, etc...) qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique.

34. — Utilisation de l'énergie électrique. — Récepteur. — Nous savons que le courant électrique s'établira dans un conducteur si ce conducteur réunit deux points de potentiel électrique différent, comme les deux pôles du générateur.

L'énergie produite par ce courant sera donc développée dans le conducteur.

Mais une partie du conducteur sera un organe prévu spécialement pour transformer l'énergie électrique en une forme d'énergie désirée, de façon à l'utiliser. Cet organe est appelé *le récepteur.*

Les récepteurs pourront donc, selon le but dans lequel ils ont été établis, être :

Des récepteurs chimiques (comme les bacs à électrolyse, qui décom-

posent des sels métalliques, comme les accumulateurs qui se chargent), qui transforment l'énergie électrique reçue en énergie chimique;

Des récepteurs thermiques (comme les ampoules d'éclairage électrique, comme les radiateurs ou les réchauds électriques) qui transforment l'énergie électrique reçue en lumière ou en chaleur;

Des récepteurs mécaniques (comme les moteurs électriques) qui transforment l'énergie électrique reçue en énergie mécanique.

35. — Liaison du générateur au récepteur : conducteurs — nécessité d'un circuit fermé. — Le récepteur devant utiliser la différence de potentiel maintenue par le générateur, les pôles du récepteur devront être réunis aux pôles du générateur. Cette liaison se fera par des *conducteurs*, fils métalliques par exemple.

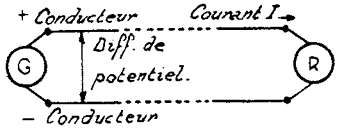


FIG. 10
Un circuit électrique complet

Le circuit électrique complet : générateur, conducteurs, récepteur, sera donc un circuit fermé (fig. 10).

ANALOGIE HYDRAULIQUE. — Une pompe P élève de l'eau d'un niveau A à un niveau B. Grâce à cette différence de niveau, l'eau peut actionner une turbine T; le courant d'eau fait ensuite retour vers la pompe. La pompe est le générateur, la turbine est le récepteur utilisant l'énergie, les canalisations sont les conducteurs (fig. 11).

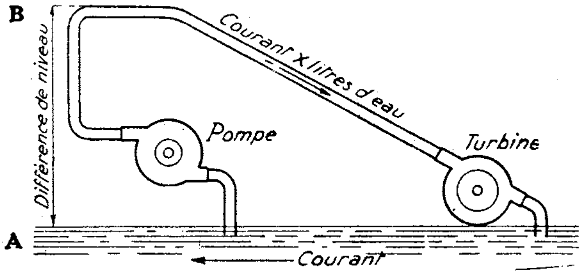


FIG. 11
Un circuit hydraulique complet, analogue au circuit électrique de la fig. 10.

Dans l'utilisation d'une chute d'eau en montagne, le circuit est fermé également; le système : chute d'eau, turbine, rivière, lac ou océan, évaporation, nuage, pluie sur la montagne, source, torrent et enfin chute d'eau est bien un circuit fermé.

Un circuit électrique complet comporte donc deux conducteurs entre le générateur et le récepteur. Si un interrupteur coupe l'un des conducteurs, cela suffit pour arrêter le courant électrique et donc pour empêcher le récepteur d'utiliser l'énergie (extinction d'une lampe électrique, par exemple) (fig. 12).

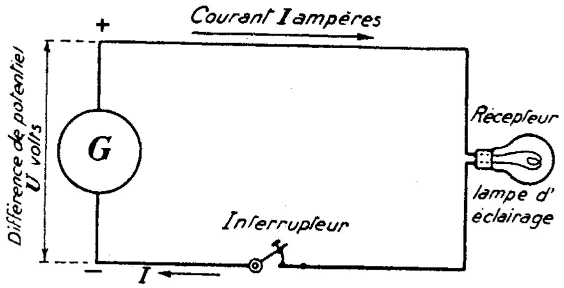


Fig. 12

Le circuit électrique n'étant fermé que lorsque l'interrupteur est en contact, cette manœuvre est nécessaire pour que le courant I traverse la lampe électrique et provoque l'éclairage.

A l'intérieur du générateur le courant ira du pôle — vers le pôle +, puisqu'il va du pôle + au pôle — dans le circuit extérieur.

CINQUIÈME LEÇON

LOIS RÉGISSANT LES CONDUCTEURS

LOIS D'OHM — DE JOULE — RÉSISTIVITÉ CHUTE DE TENSION — F.E.M. ASSOCIATION DES CONDUCTEURS

36. — Résistance électrique. — Si, aux extrémités d'un conducteur, on applique une différence de potentiel de 10 volts par exemple, un certain courant circule, 2 ampères par exemple. Si l'on porte la différence de potentiel à 20 volts, le courant deviendra 4 ampères. Pour une d.d.p. de 50 volts, le courant serait de 10 ampères. Le quotient de $\frac{10}{2}$ $\frac{20}{4}$ $\frac{50}{10}$ etc.., est un chiffre constant qui dépend uniquement du conducteur.

37. — Loi d'Ohm. — *Le rapport entre la différence de potentiel appliquée aux extrémités d'un conducteur, et le courant qui traverse ce conducteur, est un facteur constant dépendant uniquement du conducteur, que l'on appelle sa résistance électrique.*

Cette résistance représente l'opposition du conducteur considéré au passage du courant électrique.

$$\text{Résistance} = \frac{\text{Différence de potentiel}}{\text{Intensité}}$$

38. — Unité de résistance. — Ohm. — *Un conducteur a une résistance de 1 ohm lorsque, en appliquant une différence de potentiel de 1 volt entre ses extrémités, le courant produit est de 1 ampère.*

Par suite, la loi d'Ohm permet de calculer, en ohms, la résistance d'un circuit en connaissant la différence de potentiel en volts (U) et le courant en ampères (I).

$$R_{(\text{ohms})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{I_{(\text{ampères})}}$$

On peut également en déduire :

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{R_{(\text{ohms})}}$$

et

$$U_{(\text{volts})} = I_{(\text{ampères})} \times R_{(\text{ohms})}$$

EXEMPLE. — Si dans un circuit placé aux bornes d'un générateur maintenant une d.d.p. de 110 volts, on veut qu'un courant de 4 ampères circule, la résistance totale du circuit doit être :

$$\frac{110}{4} = 27{,}5 \text{ ohms}$$

Si on applique une différence de potentiel de 40 volts aux extrémités d'un conducteur ayant une résistance de 20 ohms, le courant qui s'établira aura une intensité de $\frac{40}{20} = 2$ ampères.

39. — Résistivité. — Cette résistance électrique opposée au passage du courant par un conducteur donné dépend :

1° *De la nature du conducteur.* — Le cuivre étant meilleur conducteur que le fer, oppose moins de résistance. Le fer est lui-même moins résistant que le maillechort. On peut considérer les corps *isolants* comme des conducteurs à très grande résistance, si grande que le courant devient voisin de zéro.

2° *De la longueur du conducteur.* — Plus un conducteur est long, plus il est résistant, le trajet étant plus long pour le courant électrique, la résistance rencontrée est plus grande.

3° *De la section du conducteur.* — Plus un conducteur est gros, moins il est résistant. De même, il est certain qu'un couloir étroit laisse passer moins de personnes à la fois qu'un couloir large.

Ces trois conditions se résument dans la loi suivante :

La résistance d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur et inversement proportionnelle à sa section (surface de coupe) ; *elle dépend aussi de la nature du conducteur.*

Et la résistance d'un conducteur se calculera par la formule :

$$R = \frac{a \times l}{s}$$

a est un facteur dépendant de la nature du conducteur, et que l'on a calculé pour chaque métal usuel. C'est ce que l'on appelle la *résistivité* du métal (1).

Quelques valeurs de résistivité :

Argent	1,48	Fer	10,4
Cuivre	1,6	Plomb	20,5
Aluminium	2,9	Maillechort	30
Zinc	5,6	Manganine	46
Laiton	5,4	Constantan	50

Les trois derniers alliages de métaux nommés servent spécialement à fabriquer des conducteurs résistants pour placer dans des circuits dont on veut augmenter la résistance.

(1) Au lieu du symbole *a* employé ici par simplification on représente souvent la résistivité par le symbole ρ (prononcez « ro ».

Ces chiffres sont donnés en microhms-centimètre. C'est-à-dire que si l'on applique la formule en remplaçant *a* par sa valeur, on exprimera *l*, la longueur, en centimètres et *s*, la surface de la section, en cm^2. Le résultat, soit la résistance, sera trouvé en microhms. Le microhm étant la millionnième partie de l'ohm, on divisera par 1.000.000 pour trouver R en ohms.

EXEMPLE : les deux conducteurs d'une ligne de transport de courant ont 500 mètres de long, et chacun 4 mm^2 de section. Ils sont en cuivre. Quelle est la résistance de la ligne?

Réponse :

a pour le cuivre vaut 1,6

La longueur sera 2 × 500 m. = 1.000 mètres ou 100.000 cm.
La section est de : 0,04 cm^2.

D'où :

$$R = \frac{1,6 \times 100.000}{0,04} = 4.000.000 \text{ microhms ou } 4 \text{ ohms.}$$

40. — Coefficient de température. — Les valeurs de la résistivité données ci-dessus sont des moyennes, elle dépend de la pureté du métal. *La résistivité varie aussi avec la température;* on connaît, pour chaque métal, le coefficient qui, multiplié par le nombre de degrés d'élévation de température, indiquera dans quelle proportion augmente la résistance.

Pour certains corps, la résistance diminue lorsque la température s'élève.

Ce calcul est nécessaire pour les conducteurs électriques *s'échauffant beaucoup.*

41. — Loi de Joule. — *La puissance électrique consommée dans un conducteur par suite de sa résistance se transforme en chaleur, et sa valeur en watts est égale à la valeur de la résistance (en ohms) multipliée par le carré de l'intensité (en ampères) du courant qui y circule.*

donc : $$W_{(watts)} = R_{(ohms)} \times I_{(ampères)} \times I_{(ampères)}$$

En effet, nous savons que

$$W_{(watts)} = U_{(volts)} \times I_{(ampères)}$$

comme $U_{(volts)} = R_{(ohms)} \times I_{(ampères)}$ (Loi d'Ohm)

nous pouvons en déduire en remplaçant U par sa valeur :

$$W_{(watts)} = R_{(ohms)} \times I_{(ampères)} \times I_{(ampères)}$$

ou $$W = R \times I^2$$

ENERGIE. — L'énergie en un temps donné se calculera en multipliant la puissance par le nombre d'unités de temps.

$$T_{(\text{Joules})} = R \times I^2 \times t_{(\text{secondes})}$$

On peut convertir le résultat en unités thermiques : *calories*, en appliquant l'équivalence donnée précédemment au paragraphe 16.

42. — Chute de tension dans un conducteur. — Soit un circuit électrique complet, donc fermé, composé d'une source de courant, le générateur G, de deux conducteurs AB et CD, le circuit étant fermé entre B et C par un conducteur plus résistant que nous appellerons la résistance R (fig. 13).

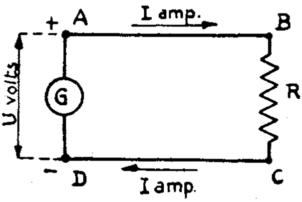


FIG. 13

Circuit électrique fermé; la différence de potentiel de U volts se partage en des chutes de tension dans les conducteurs AB, BC (R) et CD.

Un courant de I ampères circule.

Si nous appliquons la loi d'Ohm, nous savons que s'il y a U volts, et si un courant de I ampères circule, c'est que la résistance *totale* du circuit R_{tot} est égale à $\frac{U}{I}$.

Mais cette résistance R_{tot} sera trouvée plus grande que la résistance R. En effet, la résistance du circuit se compose non seulement de R, mais aussi de la résistance personnelle du conducteur AB, de celle du conducteur CD (et même d'une résistance à l'intérieur du générateur, que le courant doit traverser aussi obligatoirement, nous verrons cela au paragraphe 43).

Dans chaque partie du circuit, la loi d'Ohm peut s'appliquer; si la résistance totale entre A et B doit être considérée, comme formée des résistances successives r_1, r_2 (résistance R), r_3, r_1 et r_3 étant les résistances des conducteurs AB et CD de même que l'on a :

$$U = R_{tot} \times I_{(\text{ampères})}$$

on a : $$U = (r_1 + r_2 + r_3) \times I_{(\text{ampères})}$$

et : $$U = r_1 \times I + r_2 \times I + r_3 \times I$$

La tension de U volts est donc partagée entre les différentes résistances qui composent le circuit. Entre les extrémités du conducteur AB, existe une différence de potentiel, égale à la résistance de AB multipliée par I ampères, de même entre les extrémités de R, de même entre les extrémités de CD.

Supposons que le générateur fournisse entre A et D une différence de potentiel de 110 volts, et que le courant soit de 2 ampères; la résistance totale est donc de 55 ohms.

Si le conducteur AB a une résistance de 3 ohms, il va se produire une *chute de tension* de 6 volts (3×2), et, entre le point A et le point B, il y aura 6 volts, entre le point B et le point D, il ne restera que $110 - 6 = 104$ volts.

De même si $R = 50$ ohms et que $CD = 2$ ohms (résistance totale : $3 + 50 + 2 = 55$ ohms), nous aurons, aux bornes de R, une *chute de tension* de $50 \times 2 = 100$ volts, et entre C et D une *chute de tension de* $2 \times 2 = 4$ volts.

Et la tension totale est la somme des chutes de tension dans le circuit : $6 + 100 + 4 = 110$.

ANALOGIE HYDRAULIQUE. — Une chute d'eau de 110 mètres de haut peut comporter plusieurs paliers successifs : l'eau tombant d'abord de 6 mètres, puis de 100 mètres, puis de 4 mètres...

43. — Force électromotrice. — Dans l'exemple précédent, circuit fermé de la figure 13, nous n'avons considéré que les résistances formant le circuit extérieur au générateur. Or, le générateur lui-même offre une résistance au passage du courant, que l'on appelle sa *résistance interne*. Si nous désignons par R la résistance totale du circuit extérieur et par r la résistance interne du générateur, la véritable résistance totale du circuit est :

$$R + r$$

Cette résistance interne r doit provoquer comme toute résistance une chute de tension.

La différence de potentiel de U volts étant tout entière utilisée par le circuit extérieur, et lui donnant un courant de I ampères, le *générateur devra, en vérité, fournir une tension supérieure à U volts d'une quantité égale à* $r \times I$.

Cette somme $E = U + rI$ est appelée force électromotrice du générateur.

La force électromotrice d'un générateur est la somme de la différence de potentiel fournie par le générateur et de la chute de tension provoquée par le courant dans la résistance interne du générateur.

Elle s'exprime donc en volts.

EXEMPLE : Si le courant I est de 2 ampères, et la d.d.p. de 110 volts dans le cas de la figure 13, et que le générateur possède une résistance interne de 8 ohms, la force électromotrice E du générateur est :

$$E = U + rI = 110 + (8 \times 2) = 126 \text{ volts}$$

Mesure de la force électromotrice. — Si un appareil de mesures appelé voltmètre est branché entre les points A et B du circuit ABCD (fig. 13) il indiquera la différence de potentiel en volts U (110 volts dans notre exemple).

Pour mesurer la force électromotrice, il faudra couper le circuit extérieur en un point quelconque; le courant I sera supprimé, et si l'appareil de mesures ne consomme lui-même que très peu de courant, la nouvelle lecture en volts, supérieure, sera E, la force électromotrice du générateur (126 volts dans notre exemple).

44. — Association des conducteurs : en série. — Plusieurs conducteurs placés bout à bout dans un circuit électrique, de façon que le courant les traverse l'un après l'autre, sont dits placés « *en série* » (fig. 14).

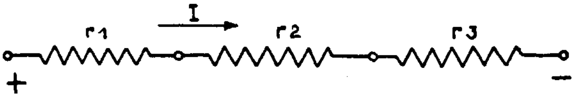


FIG. 14 Les résistances r_1, r_2 et r_3 sont placées en série.

Les résistances des conducteurs placés en série s'ajoutent.

$$R\ \text{totale} = r_1 + r_2 + r_3$$

L'intensité du courant électrique est identique dans chaque résistance.

En effet, le courant I les traverse toutes pour aller vers l'autre pôle du circuit. S'il y a U volts entre les extrémités,

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2 + r_3}$$

Les chutes de tension dans chaque conducteur s'ajoutent pour former la chute de tension totale.

$$U\ \text{volts} = r_1 \times I + r_2 \times I + r_3 \times I$$

APPLICATION : On dispose d'une différence de potentiel de 115 volts et l'on veut alimenter les filaments de tubes radio qui réclament les tensions et courants suivants : le premier 13 volts et 0,1 ampère; le second, autant; le troisième, autant; le quatrième, 45 volts, toujours avec 0,1 ampère; le cinquième, 31 volts et 0,1 ampère. Il est possible de les monter *en série*, car ils demandent une même valeur de courant I (0,1 ampère), ce courant les traversera l'un après l'autre. Le total des tensions à obtenir donne : 13 + 13 + 13 + 45 + 31 = 115 volts (fig. 15).

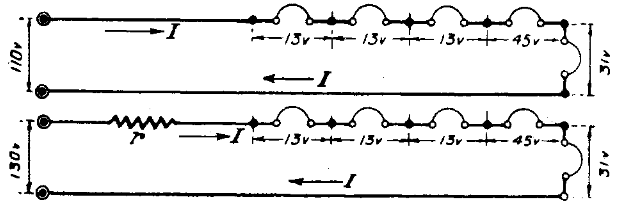


Fig. 15. — Lampes de radio (UCH 41, UF 41, UAF 41, UL 41, UY 41) alimentées en série, car elles sont prévues pour la même intensité de courant (0,1 ampère).

Si la source de tension avait été de 130 volts, il aurait suffi d'ajouter dans la chaîne une résistance r' (un fil résistant) pour absorber les volts en excédent.

Excédent : 130 — 115 = 15 volts.

Courant qui traverse la résistance : 0,1 ampère.

Valeur de la résistance additionnelle :

$$\text{ohms} = \frac{\text{Volts}}{\text{Ampères}} \; ; \qquad r = \frac{15}{0{,}1} = 150 \text{ ohms}$$

45. — Association des conducteurs : en parallèle. — Plusieurs résistances sont ici placées, leurs extrémités réunies (fig. 16). Ce groupement dit « *en parallèle* » est aussi dit « *en dérivation* ».

L'intensité du circuit dont font partie les résistances va se diviser en autant de parties qu'il y a de résistances.

$$I = i_1 + i_2 + i_3 \ldots..$$

En effet, c'est comme si l'on ouvrait plusieurs portes à la fois pour laisser passer une foule, ou si plusieurs tuyaux se partageaient un courant d'eau.

La chute de tension aux bornes de chaque résistance est la même. Il suffit de consulter la figure 16 pour s'en convaincre.

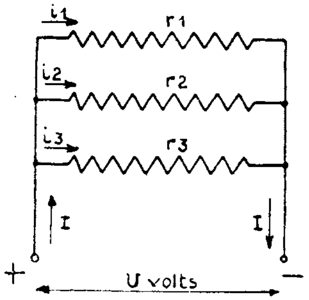


Fig. 16

Les résistances r_1, r_2 et r_3 sont placées en parallèle.

La résistance de l'ensemble des conducteurs sera plus petite que la plus petite des résistances; cette résistance résultante est telle que :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

Exemple : Soient trois résistances : 10 ohms, 25 ohms, 40 ohms. La résistance de l'ensemble sera telle que :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{25} + \frac{1}{40}$$

ou en effectuant :

$$\frac{1}{R} = \frac{40}{400} + \frac{16}{400} + \frac{10}{400}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{66}{400} \text{ donc } R = \frac{400}{66} = 6 \text{ ohms}$$

Lorsqu'il n'y a que deux résistances en parallèle, on peut arriver au résultat par la formule suivante, plus simple :

$$R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2}$$

EXEMPLE : Si deux résistances de 450 et 800 ohms sont placées en parallèle, la résistance résultante sera donc :

$$R = \frac{450 \times 800}{450 + 800} = \frac{360.000}{1.250} = 288 \text{ ohms}$$

L'intensité dans chaque conducteur sera égale au quotient de la chute de tension générale (identique pour chaque conducteur) par la résistance du conducteur considéré.

$$i_1 = \frac{U}{r_1} \qquad i_2 = \frac{U}{r_2} \qquad i_3 = \frac{U}{r_3}$$

et l'on aura toujours : $i_1 + i_2 + i_3 = I$

REMARQUE. — Plus il y aura de conducteurs en parallèle, plus la résistance de l'ensemble sera petite.

46. — Association des conducteurs dans les circuits multiples. — Loi des sommets (loi de Kirchoff). — Lorsque des conducteurs appartenant à des circuits différents sont associés,

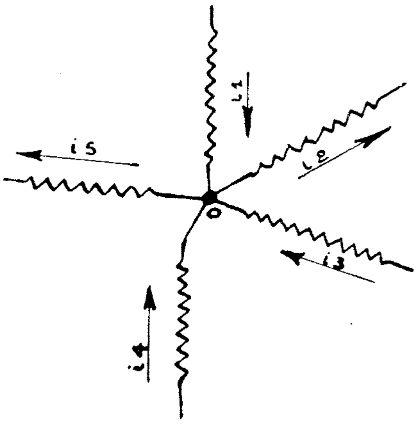


FIG. 17

Le point O est le point de jonction de plusieurs circuits électriques.

les circuits se referment en s'enchevêtrant, les différents courants recherchant le chemin le moins résistant.

Soit un point 0 appartenant à plusieurs circuits électriques (fig. 17). *Loi de Kirchoff : la somme des intensités des courants, qui s'approchent du sommet est égale à la somme des intensités qui s'en éloignent.* Ainsi, pour la figure 17 nous avons :

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$

46 *bis.* — **Pont de Wheatstone.** — *Si l'on associe quatre résistances en losange (fig. 17 bis) une tension électrique étant appliquée aux sommets A et C de l'une des diagonales, il n'y aura pas de différence de potentiel entre les sommets B et D de l'autre diagonale, donc aucun courant dans la diagonale B-D, lorsque les valeurs des résistances seront telles que :*

$$r_1 \times r_3 = r_2 \times r_4$$

On utilise ce montage pour mesurer une résistance inconnue. L'une des quatre est fixe et connue : ce sera r_4 par exemple. Deux autres, r_1 et r_2 ne forment qu'une résistance avec prise variable en B. On déplace B, donc on modifie le

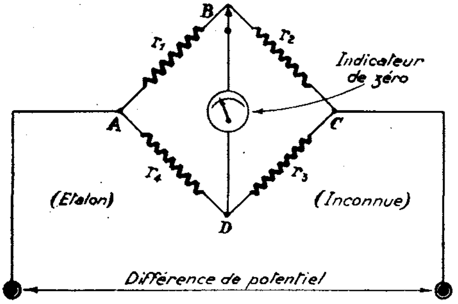


FIG. 17 *bis.* — Pont de Wheatstone.

rapport r_2/r_1. La résistance inconnue est placée en r_3. Pour la position de B donnant le zéro de courant dans la diagonale, on a : $r_3 = r_4 \times \frac{r_2}{r_1}$; ce dernier rapport r_2/r_1 est lu sur la graduation correspondant au déplacement de B. Exemple, l'étalon r_4 vaut 50 ohms. La graduation donnant zéro au milliampéremètre est $\frac{r_2}{r_1} = 0{,}3$. Dans ce cas, $r_4 = 50 \times 0{,}3 = 15$ ohms. Au paragraphe 181, fig. 126, nous appliquons ce procédé au « pont de condensateurs ».

47. — Tableau résumé des unités pratiques utilisées pour les circuits électriques.

E	: Force électro-motrice (f.é.m.)	unité : volt
U	: Différence de potentiel ou tension (d.d.p.)	unité : volt
I	: Intensité ou débit................	unité : ampère
R	: Résistance électrique	unité : ohm
W	: Puissance	unité : watt
T	: Travail ou énergie...............	unité : joule ou wattheure (3 600 joules)

SIXIÈME LEÇON

GÉNÉRATEURS ET RÉCEPTEURS CHIMIQUES
PILES — ACCUMULATEURS — ELECTROLYSE

1° PILES

La pile est un générateur *chimique*, c'est-à-dire un dispositif qui transforme l'énergie chimique en énergie électrique. Le rôle d'un générateur d'énergie électrique étant de créer et de maintenir une différence de potentiel électrique entre ses deux pôles, c'est grâce à un phénomène chimique que la pile obtiendra cette différence de potentiel.

48. — Principe. — Sous sa forme la plus simple, une pile est constituée par deux *électrodes* de deux métaux différents plongeant dans

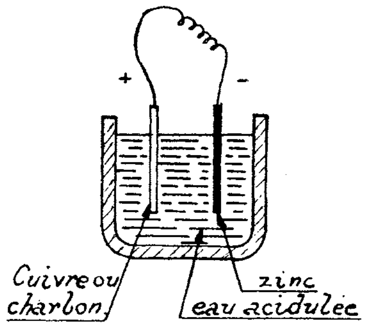


FIG. 18. — Constitution d'un élément de pile

de l'eau acidulée. Les électrodes sont normalement, l'une en zinc, l'autre en cuivre ou en charbon (fig. 18).

L'action chimique du liquide qui attaque les électrodes a pour conséquence *d'entretenir une différence de potentiel* électrique entre les deux électrodes. Le zinc est à un potentiel plus négatif que le cuivre (ou le charbon).

Le cuivre sera donc le pôle + et le zinc sera le pôle — du générateur ainsi constitué. Si l'on réunit extérieurement le cuivre et le zinc par un *circuit électrique* composé de conducteurs, un courant électrique circulera (de + vers —) grâce à la différence de potentiel existant entre cuivre et zinc.

A l'intérieur de la pile, ce courant se referme, en allant du zinc au cuivre (— au +) à travers l'eau acidulée.

Le zinc qui est de beaucoup le plus attaqué par l'acide, forme avec celui-ci, si c'est de l'acide sulfurique, du sulfate de zinc qui se dissout dans le liquide. Mais il se dégage également de l'hydrogène dont les bulles se portent sur l'électrode + (charbon ou cuivre).

49. — Phénomènes secondaires : polarisation. — Si une pile aussi simple que celle de la figure 18 était utilisée, le courant diminuerait constamment d'intensité, la différence de potentiel entre les bornes + et — baissant sans arrêt, même si le circuit extérieur était ouvert.

Deux défauts en effet à cette pile simple, défauts auxquels il sera facile de remédier.

La *polarisation* est le phénomène d'accumulation des bulles d'hydrogène sur l'électrode positive; elles forment, peu à peu, une gaine isolante qui augmente progressivement la résistance interne de la pile. Il suffit d'entourer l'électrode positive d'un corps très oxygéné, donc avide d'hydrogène, qui absorbe l'hydrogène au fur et à mesure de sa formation; ce corps est appelé *dépolarisant* (exemples : bioxyde de manganèse, sulfate de mercure, dont l'oxygène forme, avec l'hydrogène qu'ils absorbent, de l'eau).

Un deuxième phénomène secondaire qui contrarie le fonctionnement de la pile est l'usure très rapide du zinc, même à circuit ouvert, lorsque celui-ci n'est pas parfaitement pur, des réactions supplémentaires se produisant avec les impuretés. Comme le zinc pur est coûteux, on a recours à un procédé très simple : on emploie du zinc *amalgamé*, c'est-à-dire du zinc qui a été, après lavage à l'acide (décapage) plongé dans du mercure. Ainsi le zinc n'est plus attaqué lorsque la pile n'est pas en fonctionnement.

50. — Constitution d'un élément de pile. — Une pile comprendra donc :

1° *Un liquide excitateur*, eau acidulée par de l'acide sulfurique, ou solution de sel ammoniac, ou de chlorure de sodium, etc...

2° *Une électrode négative*, toujours en zinc, zinc amalgamé.

3° *Une électrode positive*, formée par un corps peu ou pas attaquable, comme le cuivre, le charbon, le mercure...

4° *Un dépolarisant*, maintenu dans un petit sac de toile ou un vase poreux autour de l'électrode positive, c'est un corps oxygéné comme le bioxyde de manganèse, l'acide chromique...

51. — Caractéristiques d'une pile. — Ce sont les qualités qui caractérisent un élément de pile.

1° FORCE ÉLECTROMOTRICE. — C'est le nombre de volts entre les bornes de l'élément, le circuit étant ouvert. Il varie de 1 volt à

1,9 volt par élément. Il dépend uniquement de la *nature* des électrodes et de l'excitateur, peu importent leurs dimensions.

2° RÉSISTANCE INTERNE. — Ceci est très important. La résistance interne de la pile s'ajoute à la résistance extérieure du circuit (fig. 19). Pour le calcul du courant, si E est la force électromotrice en volts, R la résistance du circuit et *r* la résistance interne, la valeur du courant est :

$$I = \frac{E}{R + r}$$

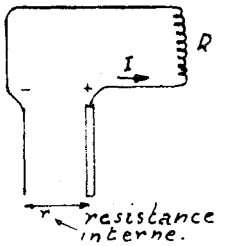


FIG. 19

La résistance interne de la pile s'ajoute au circuit extérieur et fait donc diminuer la valeur de l'intensité du courant électrique dans le circuit.

et la différence de potentiel U volts lorsque le circuit sera branché sera d'autant plus faible par rapport à la force électromotrice U volts :

$$U = R \times I$$

tandis que : $E = (R \times I) + (r \times I)$

$r \times I$ est la chute de tension à l'intérieur de la pile, donc une perte.

Il y a donc intérêt à ce que *la résistance interne* r *soit faible.* Elle dépend surtout des *dimensions des électrodes*, plus elles sont grandes plus elle est petite.

3° INTENSITÉ. — Elle sera égale, nous l'avons vu, au quotient de la force électromotrice E volts, par la somme de la résistance du circuit et de la résistance interne :

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{E_{(\text{volts})}}{R_{(\text{ohms})} + r_{(\text{ohms})}}$$

4° CAPACITÉ. — C'est la *quantité* d'électricité que peut fournir une pile depuis sa première mise en service jusqu'à son épuisement. Elle dépend à la fois de la *nature des électrodes* et de leurs *dimensions* (elle est d'autant plus grande qu'elles sont grandes).

Les constructeurs indiquent cette capacité en ampères-heures (AH) chiffre obtenu en multipliant l'intensité moyenne (ampères) que peut fournir la pile par le nombre d'heures de service possibles à cette intensité: 1 ampèreheure = 3.600 coulombs (voir paragr. 26 *bis*).

52. — Types de piles. — Les types de piles étaient autrefois

très nombreux, différant les uns des autres par la nature de leurs éléments (Leclanché, Daniell, Callaud, Bunsen, etc...).

PILE LECLANCHÉ. — La seule employée actuellement pour ainsi dire, et celle dont on a déduit le type de pile sèche employé dans l'équipement des postes de radio.

Eléments de la pile Leclanché :

Liquide excitateur : solution de sel ammoniac;

Electrode négative : zinc;

Electrode positive : charbon de cornue.

Dépolarisant : bioxyde de manganèse, placé autour du bâton de charbon dans un petit sac de toile ou pulvérisé et aggloméré autour du charbon.

Force électromotrice : 1,4 volts.

Avantages : usure nulle à circuit ouvert et prix d'entretien faible.

PILES SÈCHES. — C'est la pile type Leclanché dans laquelle le liquide excitateur est remplacé par une substance gélatineuse imprégnée de la solution ou un brai ou un mélange de scories pilées et agglomérés. Les piles de poche sont ainsi réalisées. L'électrode négative de zinc est un cylindre qui sert ainsi en même temps de vase pour contenir l'élément entier.

PILES A ÉLÉMENTS AGGLOMÉRÉS. — Un procédé spécial de fabrication a permis la mise au point de piles « sèches », c'est-à-dire à liquide immobilisé, de faible volume. Ces piles sont destinées à fournir la *tension plaque des postes radio* et sont donc composées de nombreux éléments montés *en série* (voir paragraphes suivants : association des piles).

On réalise donc des plaquettes ainsi constituées : une lame de zinc portant d'un seul côté une couche de graphite (charbon) aggloméré,

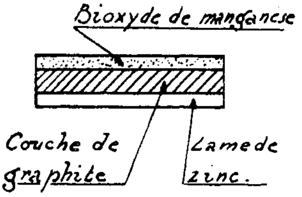


FIG. 20

Plaquette formant les piles à éléments agglomérés

et, au-dessus de celle-ci, une couche de bioxyde de manganèse aggloméré (fig. 20).

Ces plaquettes sont empilées les unes contre les autres, mais entre elles des feuilles d'électrolyte sont insérées. Cet électrolyte est par exemple à base de sel ammoniac. Cette fabrication permet d'obtenir des piles très compactes. Les piles des armées alliées et celles utilisées en France pour les postes miniatures batteries (Leclanché, Wonder, etc.), sont de ce type, les constituants électrolyte et dépolarisant peuvent varier.

On a utilisé avant 1939 des piles agglomérées, où entre les plaquettes une simple feuille d'ouate était insérée. Il fallait, avant usage, verser sur la batterie une

solution de sel ammoniac qui imbibait l'ouate et mettait la pile en état de fonctionnement (amorçage).

Que l'électrolyte soit ainsi ajouté sur l'ouate, ou qu'il soit déjà en place sous une forme plastique immobilisée entre les plaquettes, dans les deux cas, il a pour effet de compléter chaque élément de pile et de mettre en série l'ensemble des éléments. En effet, chaque couche de graphite est séparée de la lame de zinc de la plaquette suivante par le dépolarisant (bioxyde de manganèse) et l'électrolyte. Par contre, elle est accolée à une lame de zinc qui forme l'élément précédent de la pile et les éléments sont ainsi placés tous en chaîne (en série).

53. — Emploi des piles. — Les piles de grande capacité, donc de grand format, sont employées à raison de 1, 2, 3 éléments pour fournir des tensions de 1,5 à 3 ou 4,5 volts pour les sonneries, les installations téléphoniques militaires, et pour assurer le chauffage des filaments des lampes de Radio, les tubes miniature 1,4 volt demandant un très faible courant de chauffage. Les piles en batteries de 1 à 6 éléments pour tensions de 1,5 à 9 volts conviennent à l'alimentation complète des circuits à transistors.

Les piles à petits éléments groupés en batteries, faites pour fournir des courants faibles, mais pour réaliser des tensions élevées, 90 volts par exemple (60 éléments de 1,5 volt) sont fort employées sous forme de piles sèches, pour fournir la haute tension (dite aussi tension « plaque ») pour les lampes dites « batteries ».

Un *élément de pile* étant une pile simple, deux électrodes dans leur logement, nous voyons donc qu'il est souvent nécessaire de grouper beaucoup d'éléments en « batteries » de piles pour obtenir, soit un courant possible plus élevé, soit des tensions (différence de potentiel) plus élevées que 1,4 volt que peut tout juste donner un élément.

Voici donc les règles de l'association ou « couplage » des éléments.

Un élément de pile se représente schématiquement par deux traits

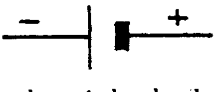


FIG. 21
Représentation simple d'un élément de pile.

parallèles, le trait le plus large étant le pôle + et le plus fin étant le pôle — (fig. 21).

54. — Association des piles. — Couplage série. — On associe les éléments en reliant le pôle négatif de chacun au pôle positif du suivant. Les éléments sont placés en chaîne, en série (fig. 22).

Le pôle négatif resté libre du dernier élément devient le pôle néga-

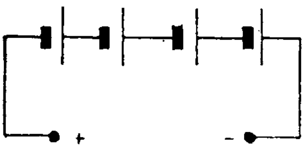


FIG. 22
Batterie de 4 éléments en série.

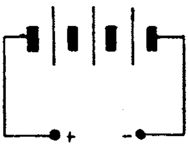


FIG. 23
Représentation schématique de la batterie de la figure 22.

tif de l'ensemble, le pôle positif du premier élément devient le pôle positif de l'ensemble.

La représentation schématique d'une batterie d'éléments en série sera encore simplifiée en ne représentant pas les conducteurs reliant à l'intérieur chaque pôle — au pôle + (fig. 23).

Règles de l'association en série :

1° *La F.é.m. de l'ensemble est égale à la somme de celles de chaque élément*

$$E = e_1 + e_2 + e_3 + e_4, \text{ etc... (volts)}.$$

Et comme le même courant traversera tous les éléments de la chaîne les uns après les autres, il ne faudra grouper en série que des éléments de même type et de mêmes caractéristiques. Si donc il y a n éléments ayant chacun une f.é.m. de e volts, nous aurons :

$$E = e \times n$$

EXEMPLE : 6 éléments de 1,5 volt en série donnent une f.é.m. de 9 volts.

2° *La résistance interne de l'ensemble est égale à la somme des résistances internes des éléments.*

Et comme les éléments sont toujours semblables, comme nous venons de le dire :

$$r_{totale} = r \times n$$

3° *Le régime (intensité maximum que peut débiter une pile) de la batterie est égal au régime d'un seul élément.*

En effet, le courant doit passer à l'intérieur de chaque élément, ce qui explique aussi que les résistances internes s'ajoutent.

CONCLUSION PRATIQUE. — On adoptera le montage série lorsqu'on désirera des hautes tensions en mettant en série autant d'éléments (de 1 volt ou 1,5 volt suivant leur type) qu'il en faut pour arriver au nombre de volts désirés. Mais le débit maximum et la capacité resteront faibles, étant égaux à ceux d'un seul élément.

La pile pour tension plaque de poste Radio ayant une haute tension (90 à 100 volts) et un faible débit (10 à 30 milliampères) à assurer, sera donc une batterie de nombreux petits éléments *en série*.

55. — Association des piles. — Couplage parallèle. — On réunit ensemble d'une part tous les pôles négatifs, ce qui donnera le pôle négatif de la batterie, d'autre part tous les pôles positifs, ce qui donne le pôle positif de la batterie (fig. 24).

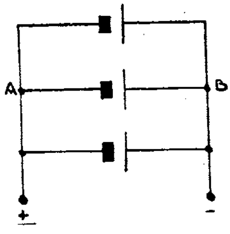


FIG. 24

Batterie de 3 éléments en parallèle.

Règles de l'association en parallèle :

1° *La F.é.m. de l'ensemble est la même que celle d'un seul élément.* La chose est évidente; pour aller de A vers B (fig. 24), quel que soit le chemin que l'on prend, la différence de tension est de 1 volt, si 1 volt est la *f.é.m.* d'un élément. Au contraire, dans l'association série, la chaîne d'éléments entraînait une totalisation des volts. Donc, dans le couplage parallèle, aucun avantage au point de vue tension.

2° *Le régime (débit) de l'ensemble est égal à la somme des régimes de chaque élément.* En effet, s'il y a trois éléments en parallèle, trois sources vont alimenter le circuit extérieur. S'il y a n éléments de débit i ampères :

$$I = i \times n$$

3° *La résistance interne de la batterie est égale à la résistance de chaque élément divisée par le nombre d'éléments en parallèle.* Ce qui permettra une résistance interne très faible:

$$r_{totale} = \frac{r}{n}$$

Gros avantage : le courant dans le circuit extérieur pourra être d'autant plus élevé, puisqu'il dépend de la somme de la résistance du circuit et de la résistance interne.

CONCLUSION PRATIQUE. — On adoptera le montage en parallèle des éléments quand, la tension restant peu élevée, on souhaitera une forte intensité.

Car : $E = e$, mais $I = \dfrac{E}{R + \dfrac{r}{n}}$

d'où, plus grande intensité pour un même circuit extérieur, et d'autre part, plus grande intensité possible, le régime possible étant multiplié par le nombre d'éléments en parallèle.

EXEMPLE : soit trois éléments de f.é.m. 1,5 volt pouvant débiter au maximum chacun 0 A.150.

En les plaçant en parallèle, la f.é.m. reste 1,5 volt, mais le courant possible devient : $0^A,150 \times 3 = 0^A,450$.

D'autre part, si chaque élément a une résistance interne de 2 ohms, et le circuit extérieur une résistance de 10 ohms, le courant avec un seul élément serait de :

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{1,5}{10 + 2} = \frac{1,5}{12} = 0,125 \text{ ampère}$$

Avec trois éléments en parallèle, le courant établi sera de :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{1{,}5}{10 + \frac{2}{3}} = \frac{1{,}5}{10{,}66} = 0{,}145 \text{ ampère}$$

Pour circuits d'utilisation très résistants, demandant une tension élevée et peu d'intensité : ***couplage série.***

EXEMPLE : alimentation « plaque » des postes Radio (103 volts p.e.).

Pour circuits d'utilisation peu résistants, demandant une faible tension, mais une forte intensité : ***couplage parallèle.***

EXEMPLE : alimentation « chauffage » des postes Radio (1,4 volt p.e.).

56. — Association des piles : couplage mixte. — Il peut être nécessaire d'obtenir une intensité supérieure à celle permise par le montage série, les éléments étant petits, et pourtant avec une tension supérieure à celle permise par le montage parallèle (1,5 à 2 volts). On réalise alors le *montage mixte : on monte en série autant d'éléments qu'il en faut pour obtenir la tension désirée, puis on réalise autant de groupes « série » identiques à ce premier groupe qu'il en faut pour que, ces groupes étant en parallèle, le débit demandé soit atteint* (fig. 25).

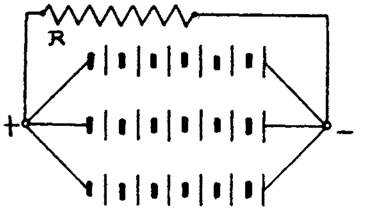


FIG. 25

Montage mixte : 3 groupes en parallèle de 5 éléments en série, débitant sur un circuit de résistance R.

EXEMPLE : On veut obtenir une tension de 7,5 volts avec des éléments de 1,5 volt, mais ceux-ci ne peuvent débiter chacun que 0,1 ampère, alors qu'un débit de $0^A{,}3$ est nécessaire.

L'ensemble des 15 éléments (fig. 25) résoud le problème.

Tension : $1^V{,}5 \times 5 = 7{,}5$ volts.

Débit possible : $0^A{,}1 \times 3 = 0{,}3$ ampère

Si cette batterie à couplage mixte débite sur un circuit extérieur de résistance R, il est intéressant de juger quel rôle va jouer la résistance interne de chaque élément pour déterminer la valeur du courant qui va s'établir.

Résistance interne d'un groupe série : $r \times 5$

Résistance interne des trois groupes mis en parallèle : $\frac{r \times 5}{3}$

$$\text{D'où : } I = \frac{7{,}5_{(\text{volts})}}{R_{(\text{ohms})} + \frac{r \times 5}{3}}$$

2° ACCUMULATEURS

57. — Propriétés. — Un accumulateur est un appareil chargé d'emmagasiner une certaine quantité d'énergie électrique (charge) pour la restituer au moment de l'utilisation avec une tension et un débit donnés (décharge).

Pour la première opération, charge, l'accu est donc un récepteur, un *récepteur chimique*, car il transforme l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie chimique. Pour la deuxième opération, la décharge, l'accu devient un générateur, un *générateur chimique*, car il transforme cette fois l'énergie chimique qui avait été obtenue par la charge, en énergie électrique.

58. — Phénomènes de charge et de décharge; mécanisme de ces transformations d'énergie. — Un accu se compose essentiellement de deux plaques de plomb plongées côte à côte, sans se toucher, dans un bac empli d'eau acidulée par de l'acide sulfurique. Les deux plaques de plomb sont toutes deux légèrement oxydées, donc recouvertes d'une couche d'oxyde de Plomb PbO.

CHARGE. (fig. 26). — On relie chaque plaque par un conducteur à un pôle d'une source de courant (générateur). Un courant, dit courant de charge, s'établit; dans le bac, le courant se forme à travers l'eau acidulée, bonne conductrice. Le courant décompose l'eau en hydrogène, et en oxygène. L'hydrogène se porte sur la plaque négative (celle reliée au pôle — du générateur), l'oxygène se porte sur la plaque positive (celle reliée au pôle +).

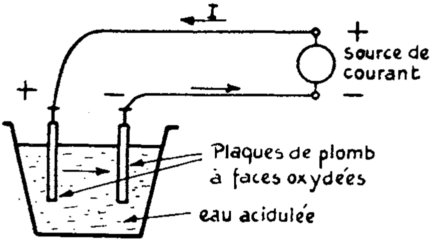


FIG. 26
Charge d'un élément simple d'accumulateur.

Sur la plaque négative, l'hydrogène prend l'oxygène contenu dans l'oxyde de plomb (PbO) et reforme avec lui de l'eau; la couche d'oxyde s'est donc peu à peu transformée, le plomb reste seul à l'état de plomb spongieux.

Sur la plaque positive, l'oxygène dégagé par l'effet du courant attaque l'oxyde de plomb de la plaque et l'oxyde encore plus. Cette couche d'oxyde se transforme peu à peu en peroxyde de plomb $PbO + O = PbO^2$).

Quand, sur chaque plaque, tout l'oxyde primitif est ainsi transformé, il ne se produit plus rien, la *charge* est terminée. On a maintenant deux plaques différentes : la positive recouverte de PbO^2, la négative recouverte de plomb seul, à l'état spongieux. On reconnaît que la charge est terminée à ce que l'électrolyte (l'eau acidulée) se met à bouillonner. On débranche donc le générateur.

DÉCHARGE (fig. 27). — Relions par un circuit extérieur R les deux plaques. Un courant électrique s'établit aussitôt, dit courant de décharge. La plaque positive de l'expérience précédente en est le pôle +, la plaque négative en est le pôle —. Le courant qui circule dans le circuit R va de + vers —, donc en sens inverse du courant de charge, et à l'intérieur de l'accu, il va maintenant de — vers + à l'inverse du sens, lors de la charge.

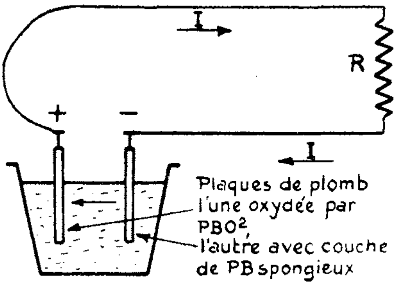


FIG. 27
Décharge d'un élément simple d'accumulateur.

En effet, l'accumulateur qui, pendant la charge, était un *récepteur* est devenu un *générateur* de courant, et comme dans tout générateur, le courant à l'intérieur va de — vers +.

Le courant étant inversé, c'est sur la plaque *positive* que se dégage maintenant l'*hydrogène*, et il enlève au PbO^2 son excès d'oxygène, reforme avec cet oxygène de l'eau, et ne laisse peu à peu que l'oxyde de plomb primitif.

Sur la plaque *négative*, c'est l'oxygène maintenant qui se dégage et se combine au plomb spongieux pour, là aussi, reconstituer peu à peu l'oxyde de plomb qui s'y trouvait avant la charge.

Quand les deux plaques sont devenues identiques à ce qu'elles étaient, le courant de décharge diminue brusquement, il n'y a plus de différence de potentiel entre les plaques, l'accumulateur est « *déchargé* ». Il est prêt pour une nouvelle charge...

59. — Constitution exacte d'un accumulateur. — *L'électrolyte* est un mélange d'eau et d'acide sulfurique, au titre d'environ 22° Baumé, l'accumulateur étant déchargé. Ceci correspond à environ 25 parties *en poids* d'acide, pour 70 parties *en poids* d'eau. L'eau doit être de l'eau *distillée*, pour être chimiquement pure.

Les plaques sont de plomb pour leur armature, mais la capacité de l'accumulateur (quantité d'électricité accumulée) dépendant de l'épaisseur des couches actives, on emploie des plaques de plomb portant dans des godets ou des alvéoles des pastilles de peroxyde de plomb (PbO^2) pour la plaque positive, et du plomb spongieux pour les négatives (Pb).

D'autres constructeurs emploient des oxydes « plus oxygénés », le principe des réactions chimiques reste le même. La plaque positive porte alors du minium, oxyde de plomb (Pb^3O^4) et la plaque négative de la litarge (oxyde normal PbO).

Pour augmenter la capacité, plusieurs plaques positives reliées entre elles sont parfois placées entre plusieurs plaques négatives également reliées entre elles, une négative étant à chaque extrémité, car une positive ne travaillant que sur une face se déformerait (fig. 28).

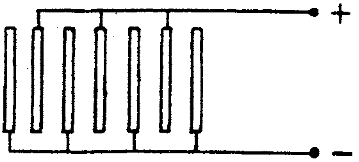


Fig. 28
Elément d'accu à plaques multiples associées.

Le *bac* qui contient l'électrolyte est en matière non attaquable par l'acide : *verre* si l'accu n'est pas sujet à être trop transporté, celluloïd ou mieux *ébonite* pour les accus transportables.

L'électrolyte peut être *immobilisé*, pour les accus transportables (pour postes Radio militaires). L'eau est alors remplacée en partie par du silicate de soude, mais les proportions en poids sont alors de une partie de solution de silicate à 28° Baumé pour quatre parties d'acide étendu à 32° Baumé.

60. — Force électromotrice d'un élément d'accu. — Elle est environ de 2 volts par élément dans les accumulateurs au plomb, quelle que soit la dimension des plaques.

61. — Capacité d'un accumulateur. — *C'est le nombre d'ampères du courant de décharge multiplié par le nombre d'heures de la décharge;* c'est donc la quantité d'énergie électrique utilisable. Elle s'exprime donc en ampères-heure (15 AH par kg de plomb).

EXEMPLE : 30 heures de décharge possibles si le débit est de 2 ampères indiquent une capacité de $30 \times 2 = 60$ AH.

L'énergie accumulée à la charge doit être supérieure à la capacité de 10 à 20 %.

EXEMPLE : un accumulateur de 60 AH demande pour sa charge environ 75 ampères-heure.

Le rapport entre le nombre d'ampères-heure utilisables et le nombre d'ampères-heure fournis s'appelle *rendement* de l'accumulateur, de l'ordre de 80 % :

$$\frac{60 \times 100}{75} = 80\ \%$$

62. — Charge de l'accumulateur. — *La source de courant doit pouvoir fournir aux bornes de l'accu à charger une différence de potentiel supérieure à la f.é.m. de l'accu,* soit environ 2,2 volts par élément, au lieu de 2 volts. Ainsi le courant ne pourra s'inverser, ce qui, à moins de précautions spéciales (disjoncteur), serait catastrophique.

Pour un accumulateur de 40 éléments de 2 volts en série, soit 80 volts, la d.d.p. fournie par le générateur pourra être prévue de $2{,}2 \times 40 = 88$ volts.

L'intensité de charge sera au plus égale au dixième de la capacité de l'accumulateur, et la charge s'effectuera alors en un peu plus d'une dizaine d'heures. Pratiquement, une charge plus lente (débit plus faible) est préférable.

Un accu fournissant 30 AH en décharge sera donc chargé avec un débit maximum de 3 ampères.

TABLEAU DE CHARGE POUR ACCUMULATEURS. — Soit une source de courant, le secteur *continu* d'une ville par exemple, ayant une différence de potentiel de V volts.

Nous avons à charger un accumulateur avec une tension de U volts, et nous voulons que le courant de charge n'excède pas I ampères.

Il suffira d'intercaler dans le circuit, en série avec l'accumulateur, une résistance qui produira la chute de tension demandée avec le débit demandé.

En appliquant la loi d'Ohm :

$$R_{(\text{ohms})} = \frac{V_{(\text{volts})} - U_{(\text{volts})}}{I_{(\text{ampères})}} \quad \text{dans le cas considéré}$$

L'ensemble de la source de courant (dynamo ou arrivée de secteur électrique continu), de la résistance qui pourra être formée soit de lampes d'éclairage à filament de carbone placées en série, soit d'une résistance réglable (rhéostat), et des conducteurs de branchement à l'accu forme un « tableau de charge » pour accumulateurs. Un ampèremètre placé en série dans le circuit permet de contrôler l'intensité de charge (fig. 29).

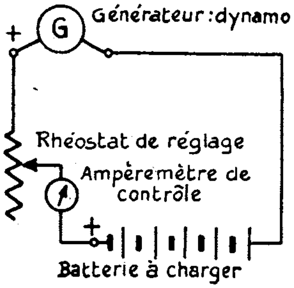


FIG. 29

Tableau de charge d'une batterie d'accumulateurs.

EXEMPLE : soit un secteur continu de 110 volts que l'on utilise pour la charge d'une batterie de 40 volts, capacité 15 AH.

Le courant maximum de charge sera : 15 : 10 = 1,5 ampère.

Si l'on fait choix d'un courant plus faible, 1,2 ampère par exemple, la résistance Rh sera de :

$$\frac{110 - 40 \text{ (volts)}}{1,2 \text{ (ampère)}} = \frac{70}{1,2} = 58 \text{ ohms environ.}$$

Pratiquement, le rhéostat de la figure 29 sera une résistance réglable par curseur de 10 à 100 ohms, elle sera réglée de façon à ce que l'intensité lue à l'ampèremètre soit de 1,2 ampère.

VARIATION DE LA DIFFÉRENCE DE POTENTIEL PENDANT LA CHARGE. — Un voltmètre qui mesurerait la différence de potentiel aux bornes de l'accu enregistrerait les variations suivantes.

Au début de la charge, l'accu étant déchargé, la différence de potentiel est de 1,8 volt par élément, elle atteint presque aussitôt 2 volts par élément et se maintient constante pendant presque toute la durée

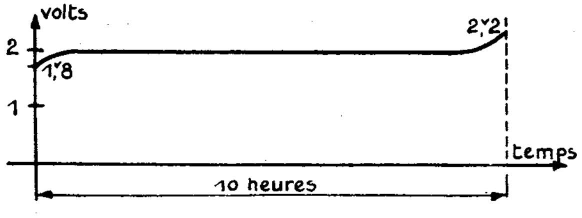


FIG. 30

Valeur de la d. d. p. aux bornes d'un élément d'accu pendant la charge.

de la charge. En fin de charge brusquement elle monte à 2,2 volts par élément, en même temps, l'électolyte commence à bouillonner; il faut alors interrompre la charge (graphique fig. 30).

AUTRE INDICE DE FIN DE CHARGE. — La densité de l'électrolyte qui devait être 22° Baumé au début, passe à 26° Baumé; on la mesure avec un densimètre.

63. — Décharge de l'accumulateur. — *L'intensité de décharge d'un accumulateur ne doit jamais dépasser de façon continue le dixième de la valeur de la capacité en AH de l'accumulateur.*

Pratiquement, on pourra demander à l'accu des intensités plus élevées, si l'utilisation est brève. Ainsi, demande-t-on aux accumulateurs de voiture automobile une très forte intensité lorsqu'on leur fait actionner quelques secondes le démarreur qui doit lancer le moteur.

Pour une utilisation continue, *dans le cas de l'alimentation d'un poste Radio, par exemple*, on prévoira un accumulateur de capacité suffisante, afin que la décharge s'effectue en une trentaine d'heures.

Ainsi, si le débit demandé est 0,6 ampère, on emploiera une batterie d'au moins : $0,6 \times 30 = 18$ AH.

VARIATIONS DE LA F.É.M. PENDANT LA DÉCHARGE. — L'élément d'accumulateur chargé a une f.é.m. de 2,2 volts. Lorsque le circuit extérieur d'utilisation de l'énergie électrique (filament de lampes de T.S.F. par exemple) est branché, le courant prévu de I ampères prend naissance. Peu de temps après sa mise en service la f.é.m. de l'accu tombe à 2 volts, mais se maintient constante à cette valeur. Puis au bout de la durée de décharge, égale au quotient de la capacité en ampères-heure par la valeur de l'intensité en ampères, la tension tombe bruquement à 1,8 volt. L'accu est déchargé; il

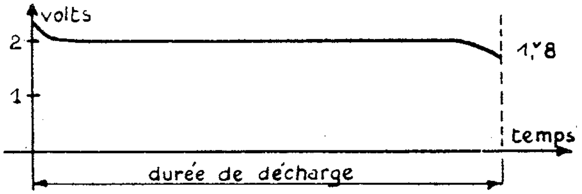


FIG. 31

Valeur de la f.é.m. d'un élément d'accu pendant la décharge.

ne faut pas pousser la décharge au delà de 1,8 volt, car, outre que la tension tomberait rapidement à zéro, une détérioration de l'état chimique des plaques s'ensuivrait, et la prochaine charge ne pourrait plus rétablir l'accu en ordre de marche.

64. — Accumulateurs au cadmium-nickel. — Des accumulateurs, totalement différents, quant à leur constitution, des accumulateurs au plomb, ont pu être réalisés. Ils sont plus robustes, ne craignent pas les court-circuits de leurs plaques, mais sont plus coûteux et ont l'inconvénient de donner une tension beaucoup moins constante que les accus au plomb. Ils comprennent :

1° *Une plaque positive garnie d'hydrate de nickel;*

2° *Une plaque négative garnie d'hydrate de cadmium;*

3° *Un électrolyte qui, au lieu d'être acidulé, est alcalin* : potasse caustique en solution à 23° Baumé;

4° *Un bac* contenant les éléments plongeant dans l'électrolyte qui peut être en *acier*, d'où grande robustesse mécanique.

Ces accumulateurs ont une f.é.m. de seulement 1,4 volt par élément. Ils sont déchargés lorsque la f.é.m. est de 1,1 volt.

On voit que pour avoir 4 volts, il faudra prendre 3 éléments et l'on obtiendra 4,2 volts avec l'accu chargé, et 3,3 volts seulement en fin de service. Ceci a obligé à l'emploi d'une résistance variable en série dans le circuit et a fait renoncer souvent à l'emploi des accumulateurs cadmium-nickel.

Leur faible résistance interne les recommande pour alimenter les circuits des postes à transistors.

65. — Groupement des éléments d'accumulateurs. — Les éléments d'accumulateurs n'ayant chacun qu'une f.é.m. de 2 volts (et même 1,2 volts dans le cas des accumulateurs au cadmium-nickel, plus rares), il faut les grouper comme des éléments de pile.

GROUPEMENT SÉRIE. — Le plus usité; il permet d'obtenir des tensions supérieures, mais conserve le débit d'un élément seul.

$$E = e \times n \qquad I = i$$

On rencontre surtout le groupe de 3 ou 6 ou 12 éléments en série pour former des batteries 6 ou 12 volts ou 24 volts (les premières sur auto, les dernières sur chars et sur avion)s et aussi les groupes de 40 ou de 60 petits éléments semblables de faible débit en série pour former les batteries de 80 et 120 volts (tension plaque des postes Radio).

GROUPEMENT PARALLÈLE — Moins nécessaire, parce que généralement réalisé déjà dans l'élément d'accu par association en parallèle de plusieurs plaques négatives et de plusieurs plaques positives, il augmente la capacité de l'accumulateur.

$$E = e \qquad \text{mais : } I = i \times n$$

GROUPEMENT MIXTE. — Combinaison des deux précédents, par exemple pour obtenir une batterie de 4 volts à grande capacité, on peut mettre en série deux groupes formés chacun de plusieurs éléments en parallèle, ou mettre en parallèle plusieurs groupes de deux éléments en série.

66. — Entretien des accumulateurs au plomb. — *Sulfatage des plaques.* — A la suite de court-circuit entre plaques, ou d'une longue période de temps sans être rechargé, l'acide attaque les plaques, et le sulfate de plomb formé empêche les réactions, augmente la résistance interne et met l'accu hors d'usage.

Remède : on peut essayer de charges et décharges successives, l'électrolyte étant remplacé par de l'eau distillée. Si les plaques ne reprennent pas leur aspect, seul remède : enlever les plaques, les brosser, les redresser si elles sont déformées et les remettre en place avec du nouvel électrolyte, puis charger et décharger un grand nombre de fois pour reformer la couche active.

DÉPOT DE BOUES. — Les oxydes peuvent tomber au fond du bac et court-circuiter les plaques entre elles. Aussi, elles sont surélevées et suspendues en l'air par leur queue de plomb.

Remède : démonter, vider le bac; refaire un nouvel électrolyte et remettre en charge.

Le niveau de l'électrolyte doit toujours être supérieur aux plaques. Tous les mois, il faut remettre de l'eau distillée pour compléter le niveau.

Il ne faut jamais décharger en dessous de 1,8 volt.

Il ne faut jamais charger avec une intenisté supérieure à 1/10e de la capacité.

Il faut recharger périodiquement, tous les deux mois au moins, les accumulateurs qui n'auraient pas été utilisés.

Il faut vérifier la densité de l'électrolyte : 22° Baumé l'accu étant en décharge. Cette opération se fait à l'aide d'un densimètre (flotteur

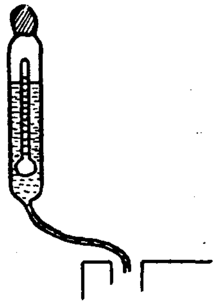


FIG. 32

Densimètre placé dans une pipette pour mesurer la densité de l'électrolyte.

gradué) placé dans le tube de verre d'une pipette. On prélève une certaine quantité d'électrolyte dans la pipette et on lit la lecture du densimètre (fig. 32).

MISE DE COTÉ DES ÉLÉMENTS D'UNE BATTERIE DÉMONTÉE. — Une batterie étant en service, on peut, après l'avoir déchargée complètement, la mettre en court-circuit, puis vider l'électrolyte et laver les plaques avec plusieurs eaux. Le meilleur support pour les plaques est leur place même dans leur bac.

RÉALISATION DE L'ÉLECTROLYTE. — L'électrolyte comporte 25 parties en poids d'acide sulfurique pour 90 parties en poids d'eau distillée. Mais *il ne faut jamais verser l'eau dans l'acide*, ce qui provoquerait des projections d'acide très dangereuses. Il faut verser l'acide peu à peu dans l'eau, de préférence à l'air libre. On mesure la densité exacte avec le densimètre signalé ci-dessus.

LIEU ET SUPPORTS DES BATTERIES D'ACCUMULATEURS. — L'hydrogène et l'oxygène pouvant se dégager et former un mélange détonant, les réduits possédant des batteries d'accumulateurs devront être largement *aérés*. On n'y fumera jamais.

Les bacs des batteries seront toujours isolés du sol par des supports de bois élevés de plusieurs centimètres.

Les bacs fissurés seront, non pas recollés provisoirement, mais remplacés.

CONNEXIONS DES CONDUCTEURS. — Les conducteurs venant du tableau de charge ou ceux servant à l'utilisation sur un circuit donné seront branchés aux barrettes de plomb des accus soit par des pinces de plomb, soit à l'aide de bornes à vis. Les bornes existant sur les accumulateurs seront entretenues très propres et leurs capuchons de couleur (noir pour négatif, rouge pour positif) resteront toujours en place. On peut graisser les bornes pour les protéger.

67. — Entretien des accumulateurs au cadmium-nickel. — Ces batteries, moins employées, sont moins fragiles.

Le niveau de l'électrolyte doit être supérieur de un centimètre au bord supérieur des plaques. On le maintient par adjonction d'eau distillée.

Les bornes de branchement, le couvercle des bacs, les bacs eux-mêmes doivent être propres et graissés pour éviter l'oxydation.

La moindre trace d'acide dans ces accumulateurs les rendrait inutilisables. Les accessoires, bacs, pipettes, entonnoirs, etc... doivent être différents de ceux employés pour les accumulateurs au plomb et on opérera toujours dans des locaux distincts.

RÉALISATION DE L'ÉLECTROLYTE. — On le prépare en mélangeant une partie en poids d'électrolyte solide (potasse caustique) avec trois parties en poids d'eau distillée dans un récipient en fer. Il doit titrer 23° Baumé. Il y a lieu de faciliter l'aération du local.

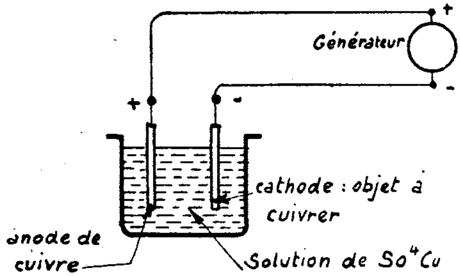


FIG. 33

Exemple d'une cuve à électrolyse.

LIEUX ET SUPPORTS DES BATTERIES. — Comme pour les accumulateurs au plomb, les locaux doivent être très aérés, les gaz dégagés étant inflammables, il est interdit de fumer dans ces locaux.

Les supports des bacs peuvent être d'acier, ils seront suffisamment élevés au-dessus du sol. On ne doit pas placer dans ces locaux des accumulateurs au plomb.

3° RÉCEPTEURS CHIMIQUES — ÉLECTROLYSE

Nous avons vu que la pile est un générateur chimique, que l'accumulateur est tour à tour un récepteur chimique et un générateur chimique. Un récepteur chimique proprement dit sera un appareil chargé de *transformer l'énergie électrique en énergie chimique*, celle-ci étant désirée pour elle-même. C'est le cas des *cuves d'électrolyse*, où l'on décompose des corps par l'action du courant électrique, c'est le cas

des *appareils de galvanoplastie*, qui, obtenant aussi la décomposition des corps, utilisent les métaux ainsi libérés pour les fixer sur d'autres pièces métalliques (argenture, nickelage, etc...).

Nous étudierons brièvement ce phénomène, sans applications directes dans la branche radioélectricité.

68. — Principe de l'électrolyse. — Deux électrodes plongent dans l'électrolyte qui, au lieu d'être de l'eau acidulée, est un sel métallique. Ce corps composé contient, combiné avec le métal, d'autres corps, et de l'oxygène. Cet ensemble d'autres corps peut être appelé *radical.*

EXEMPLE : sulfate de cuivre : SO^4Cu.

Cu est le métal (cuivre), SO^4 est le radical (soufre, oxygène).

Sous l'action du courant, le métal se porte toujours sur l'électrode négative (ou *cathode*). Le radical ici SO^4, se porte sur l'électrode positive (ou anode). Si celle-ci est en cuivre, SO^4 se recombinera avec pour reformer SO^4Cu. Tout se passe comme s'il y avait transport du cuivre de l'anode à la cathode.

LOIS DE FARADAY DE L'ÉLECTROLYSE. — 1) *Qualitatives :* le sel de l'électrolyte se sépare en deux : le métal du sel, et son radical; le métal se porte sur l'électrode négative, le radical sur l'électrode positive.

2) *Quantitatives :* les masses des éléments libérés par le passage du courant sont proportionnelles au temps, et proportionnelles à la quantité de courant électrique.

Résultat : l'unité de quantité d'électricité, le COULOMB, a été choisie comme étant celle capable de libérer 1/96.600e de gramme d'hydrogène dans l'électrolyse de l'eau, ou 0,001118 gramme d'argent dans l'électrolyse de l'azotate d'argent.

Un AMPÈRE correspond à un débit de 1 coulomb par seconde.

69. — Electrolyse industrielle. — La cuve à électrolyse sera utilisée pour un dépôt de métal sur une autre plaque métallique : dorure, argenture, nickelage, chromage... La pièce à recouvrir est placée dans le bain comme électrode négative. L'électrolyte est un sel métallique du métal désiré; chlorure d'or, cyanure d'argent, etc... L'anode est formée par une lame du même métal qui reformera l'électrolyte au fur et à mesure.

70. — Tension nécessaire. — Le récepteur qu'est la cuve à électrolyse oppose une force contre-électromotrice, donc la différence de potentiel à appliquer entre les électrodes doit être supérieure à cette tension (f.c.é.m.) qui dépend des métaux en présence. EXEMPLE : pour l'électrolyse de l'eau acidulée, il faut une tension supérieure à 1,48 volt.

71. — Fabrication des produits chimiques. — La cuve à électrolyse est aussi très employée dans l'industrie pour obtenir des produits chimiques à partir de sels que l'on prend comme électrolyte. Nombre de produits pour l'industrie pharmaceutique peuvent être ainsi obtenus.

SEPTIÈME LEÇON

MAGNÉTISME

Le magnétisme est l'étude des propriétés des aimants. Nous verrons que ces propriétés magnétiques peuvent être en relation avec l'énergie électrique:

72. — Aimants. — L'aimant naturel est un minerai de fer jouissant de certaines propriétés dont l'une, visible, est d'attirer le fer. En électricité, on donne le nom **d'aimant** à un barreau d'acier ayant les mêmes propriétés que l'aimant. C'est en fait un aimant artificiel.

73. — Pôles. — Les forces d'attraction de l'aimant semblent concentrées dans ces extrémités; on les appelle les *pôles*. L'un est le pôle *Nord*, l'autre le pôle *Sud*. L'aimant peut être droit (barreau de fer) ou coudé en forme de fer à cheval.

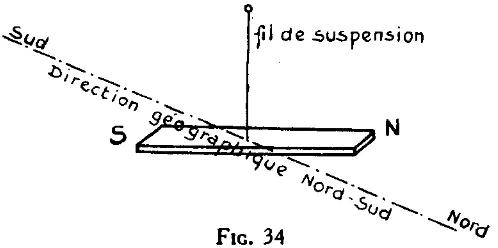


FIG. 34

Orientation d'un aimant droit d'après la direction géographique Nord-Sud.

Un aimant suspendu librement s'oriente, à peu de chose près, dans la direction géographique Nord-Sud; le pôle nord de l'aimant est celui tourné vers le nord (fig. 34).

74. — Action réciproque de deux aimants. — En mettant deux aimants à proximité l'un de l'autre, on vérifie la règle suivante :

Les pôles de même nom se repoussent, les pôles de noms contraires s'attirent.

Un aimant placé devant un morceau de fer développe dans la région de ce fer la plus proche un pôle de nom contraire à celui qui l'a causé; ce qui explique l'attraction (fig. 35).

LOI DE COULOMB DU MAGNÉTISME. — Les forces développées entre deux aimants sont proportionnelles aux masses magnétiques de chaque pôle en présence et inversement proportionnelles au carré de la distance qui les sépare.

$$F_{\text{dynes}} = \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

m_1 et m_2 étant en unités é.m.C.G.S., et d en centimètres.

75. — Champ magnétique. — C'est la région dans laquelle s'exerce la force de l'aimant; c'est donc l'espace qui l'environne.

L'intensité du champ magnétique en un point de ce champ, c'est-à dire la force qui s'y exerce par la cause de l'aimant, *se mesure en gauss.*

Fig. 35

Deux barreaux aimantés suspendus librement s'orientent de façon à ce que les pôles de noms contraires soient plus proches.

76. — Lignes de force. — Si l'on place un aimant sous une feuille de papier saupoudrée de limaille de fer, on voit cette limaille se disposer suivant des courbes partant du pôle Nord pour aller se refermer au pôle Sud (fig. 36). Il faut donner quelques secousses pour que les grains de limaille se mettent en place.

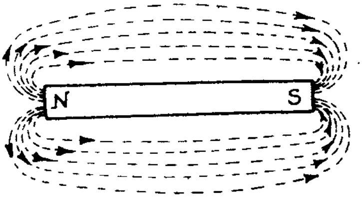


Fig. 36

Trajet des lignes de force.

Ces courbes représentent les *lignes de force* de l'aimant. Allant du pôle nord au pôle sud, à travers l'espace, formant donc le champ magnétique défini plus haut, les lignes de force sont des lignes imaginaires formées chacune par tous les points qui subissent la même force d'induction de la part de l'aimant.

A l'intérieur de l'aimant, les lignes de force se referment en allant du Sud au Nord, on les appelle les lignes d'induction.

77. — Flux de force. — C'est le nombre de lignes de force traversant une surface donnée, placée dans le champ magnétique. Plus elles sont nombreuses, plus le flux est grand.

Le flux se mesure en maxwells.

Il y a un flux de un maxwell lorsque l'intensité du champ est de 1 gauss pour une surface de 1 cm².

Donc, si l'on appelle Φ (prononcer fi) la valeur du flux en *maxwells* si l'on appelle H la valeur de l'intensité du champ en *gauss,* et si

l'on appelle S le nombre de cm² de la surface, on pourra ainsi calculer le flux :

$$\Phi_{(\text{maxwells})} = H_{(\text{gauss})} \times S_{(\text{cm}^2)}$$

La surface S doit être mesurée perpendiculairement aux lignes de force.

78. — Perméabilité. — Si l'on place un barreau de fer dans le champ magnétique d'un aimant, les lignes de force se détournent d'à côté pour le traverser en plus grand nombre. *Le flux a donc augmenté là où se trouve le fer.*

La fonte. l'acier produisent le même effet. On dit que ces métaux sont *plus perméables* que l'air. Fer, fonte, acier, nickel, sont pour cela des métaux magnétiques. C'est ce qui leur donne la propriété d'être attirés par un aimant, le flux intense qui les traverse y créant une aimantation; c'est ce qui leur permet de devenir aimants si, comme l'acier, ils peuvent garder l'aimantation ainsi acquise.

Les autres métaux et les autres corps ont, soit une perméabilité

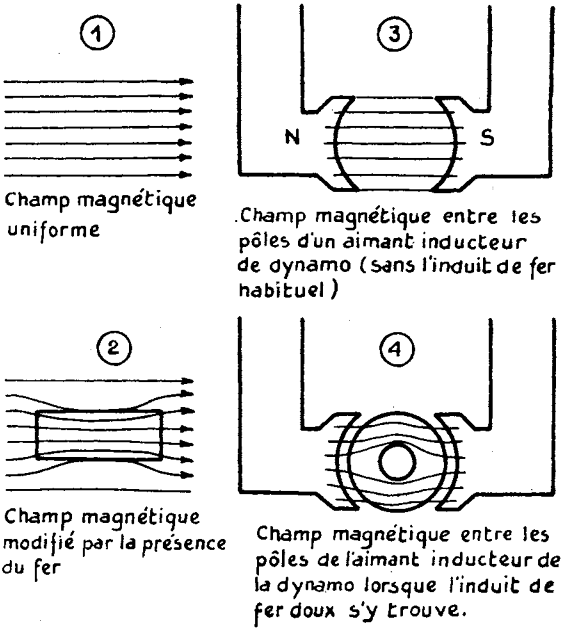


FIG. 37. — Modification du flux en un point d'un champ magnétique où se trouve une masse de métal magnétique (fer).

égale à celle de l'air, et n'ont donc aucune influence sur les champs magnétiques, soit une perméabilité plus petite — métaux diamagnétiques — le flux magnétique se détourne alors d'eux.

79. — Induction. — On appelle induction l'action magnétique à l'intérieur du métal influencé.

C'est le *coefficient de perméabilité* que l'on désigne par μ (prononcer mu), qui, multiplié par la valeur du champ magnétique extérieur (en gauss) donne la valeur de l'intensité de l'induction (en gauss). Si celle-ci est désignée par B, nous avons :

$$B_{(gauss)} = \mu \times H_{(gauss)}$$

Pour obtenir le *flux d'induction*, on multiplierait B par le nombre de cm^2 de la section de l'aimant considéré.

Pour l'air et les corps ordinaires, μ est donc égal à 1 ou plus petit que 1.

Pour le nickel, il est plus élevé que 1, et pour le fer, la fonte et l'acier, il est beaucoup plus élevé que 1. Cette valeur de μ peut atteindre en effet 3.500, ce qui signifie que le fer est alors 3.500 fois plus perméable que l'air.

80. — Variation de la perméabilité. — Mais ce coefficient de perméabilité μ n'a malheureusement pas une valeur constante; il dépend de l'induction elle-même. Ainsi, pour l'acier doux, μ = 3.500 lorsque l'induction a une intensité de 5.000 gauss, mais μ = 90 lorsque l'induction a une intensité de 18.000 gauss.

On a établi des tableaux donnant la valeur de μ d'après les différentes valeurs de l'induction.

Mais ce qu'il faut retenir, c'est que lorsque l'induction à l'intérieur d'un corps magnétique devient trop élevée, la perméabilité est très faible, et il faut un champ beaucoup plus intense, donc beaucoup plus d'énergie dépensée, pour entretenir cette induction. On dit que *le circuit magnétique devient saturé.*

81. — Hystérésis. — Lorsqu'un noyau de fer doux est soumis à un champ magnétique, l'aimantation qui l'affecte par suite de cette induction ne disparaît pas complètement, lors de la disparition du champ inducteur, et l'induction à la suite de l'apparition d'un nouveau champ (électro-aimant) ne reprendra pas exactement les mêmes valeurs. Ce phénomène, gênant pour les électro-aimants et les appareils de mesure électromagnétiques est appelé « hystérésis ».

A noter qu'un choc peut suffire à faire disparaître cette « aimantation rémanente ». Rémanente veut dire « restée lorsque la cause a disparu ».

Les aciers employés pour la formation d'aimants permanents sont cette fois au contraire recherchés pour cette aimantation rémanente. On les trempe, après y avoir ajouté un métal pour que les chocs n'aient plus d'influence sur l'aimantation qu'ils doivent garder (acier au nickel — acier au cobalt ou alliages-aluminium-nickel-cobalt).

HUITIÈME LEÇON

ÉLECTRO-MAGNÉTISME

1° PRODUCTION D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE PAR UN COURANT

Les phénomènes de magnétisme dus aux aimants, naturels (oxydes) ou artificiels (barreaux d'acier aimantés) sont dus au fait que dans les atomes de ces corps, les électrons sont agités de déplacements incessants; le champ magnétique est un effet du déplacement des électrons, mais il ne réussit à se manifester dans les aimants que parce que l'action magnétique entretenue dans les différents atomes s'associe à celle des atomes voisins; dans les métaux non magnétiques, les effets se contrarient et le résultat extérieur est nul.

Le courant électrique étant lui-même un déplacement d'électrons, doit causer également un champ magnétique. Il en est bien ainsi. *Le courant électrique circulant dans ces conducteurs peut causer un champ magnétique.* L'étude de ces phénomènes est appelée *électromagnétisme.*

82. — Solénoïde. — On appelle solénoïde un conducteur enroulé en spires régulières à la suite les unes des autres (fig. 38).

Si l'on fait parcourir un solénoïde par un courant électrique il jouit de toutes les propriétés d'un aimant.

Deux pôles se forment aux extrémités : *nord* et *sud.*

FIG. 38

Solénoïde : pour savoir quel est le sens d'enroulement, la représentation ci-dessus indique en trait plus fort le côté extérieur de la spire placé vers l'observateur.

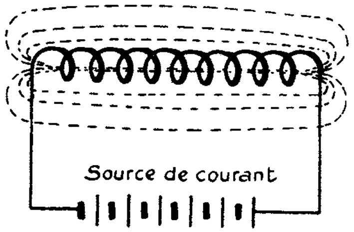


FIG. 39

Champ magnétique développé par un solénoïde parcouru par un courant.

Un champ magnétique est développé à l'extérieur, les lignes de force se referment à l'intérieur du sud au nord sous le nom de lignes d'induction (fig. 39).

83. — Sens du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde et donc détermination des pôles. — On applique la règle du bonhomme d'Ampère.

L'observateur étant couché sur le fil de façon à regarder vers l'intérieur des spires, le courant lui entrant par les pieds et lui sortant par la tête, le pôle Nord se trouve alors à sa gauche (fig. 40).

Le sens du champ est donc déterminé par le sens du courant d'une part, et le sens d'enroulement d'autre part.

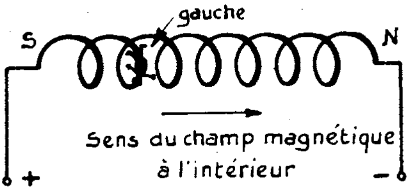


Fig. 40

Détermination du sens du champ magnétique d'après le sens du courant et le sens d'enroulement (règle du bonhomme d'Ampère).

Une autre méthode, dite du tire-bouchon, est connue également; nous l'emploierons plutôt pour le problème inverse : trouver le sens d'un courant causé par un champ magnétique.

84. — Intensité d'un champ magnétique créé par un courant dans un solénoïde. — *Le champ magnétique créé est proportionnel à l'intensité du courant électrique et au nombre de tours par centimètre du solénoïde.*

S'il y a N spires échelonnées sur une longueur de l centimètres, le nombre de tours par cm n est égal à $\frac{N}{l}$. La grandeur du champ magnétique sera alors calculée par la formule suivante :

$$H_{(\text{gauss})} = 1{,}25 \times n_{(\text{tours par cm})} \times I_{(\text{ampères})}$$

85. — Solénoïdes à noyau de fer. — Electro-aimants. — Si l'on place un barreau de fer doux à l'intérieur du solénoïde, de façon à ce qu'il forme l'axe du solénoïde (fig. 41), les lignes de force

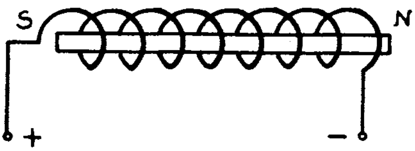


Fig. 41

Un électro-aimant droit formé par la mise en place d'un barreau de fer dans l'axe du solénoïde.

sont concentrées par le « noyau » de fer doux. L'intensité du champ est augmentée. Alors que l'on avait : $H = 1{,}25 \times n \times I$, le coefficient de perméabilité va multiplier cette valeur pour donner la valeur de *l'induction*.

$$B_{(gauss)} = 1{,}25 \times n_{(tours\ par\ cm)} \times I_{(ampères)} \times \mu$$

Mais le nombre de tours par centimètre est le nombre de tours divisé par la longueur du circuit magnétique, donc du barreau de fer, et non pas la longueur du bobinage.

Nous avons vu que μ peut varier de 3.500 à 90 pour du fer doux, suivant la valeur de l'induction B.

Le flux magnétique ($B \times S_{(cm^2)}$) *est donc considérablement augmenté.*

Les pôles N et S deviennent les extrémités du barreau de fer sur lequel est entouré le solénoïde.

Le noyau étant en fer doux, l'aimantation disparaît dès que cesse le courant et est rétablie en même temps que le courant. (Au contraire, avec de l'acier, l'aimantation subsisterait).

Le solénoïde à noyau de fer ainsi formé est un *électro-aimant*. Il est capable d'*attirer les masses métalliques* dès que l'on fait passer un courant électrique dans le bobinage; il est capable de fournir un champ magnétique intense nécessaire au fonctionnement d'une *dynamo;*

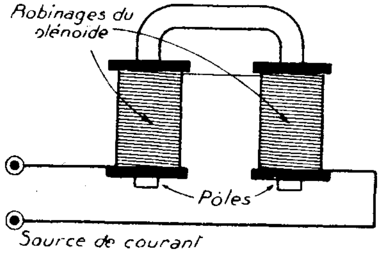


FIG. 42
Electro-aimant en fer à cheval.

il est capable de fournir le champ magnétique nécessaire au fonctionnement d'un *haut-parleur* de poste Radio; il sera aussi utilisé dans les *sonneries électriques*.

L'électro-aimant pourra être, et sera le plus souvent, en forme de fer à cheval (fig. 42).

86. — Ampères-tours. — Nous avons vu que l'induction

$$B_{(gauss)} = 1{,}25 \times n \times I_{(ampères)} \times \mu$$

n étant le nombre de tours par centimètre de longueur du solénoïde.

Le produit $n \times I$ est appelé le nombre d'ampères-tours spécifiques du solénoïde.

On pourra obtenir la même induction avec peu de spires au centimètre de longueur et une forte intensité de courant qu'avec beaucoup de spires au centimètre et une faible intensité.

EXEMPLE : un courant de 2 ampères circulant dans un solénoïde de 15 spires au centimètre, donnera :

$$2 \times 15 = 30 \text{ ampères-tours par cm}$$

Un courant de 30 ampères circulant dans un solénoïde de 1 spire seulement par centimètre donnera aussi :

$$1 \times 30 = \text{ampères-tours par cm}$$

et fournira donc la même induction.

1,25 étant un chiffre fixe, μ étant un coefficient connu pour chaque métal (fonte, fer ou acier ou acier recuit ou fer-nickel) et pour chaque valeur d'induction, on peut donc dire quel est le nombre d'ampères-tours qui seront nécessaires pour obtenir une induction donnée si l'on utilise un métal donné.

En effet, des tableaux l'indiquent. On sait, par exemple, qu'avec un noyau de fer doux, pour obtenir :

1.000	gauss, il faut	0,24	ampères-tours	spécifiques
10.000	gauss, il faut	3	—	—
15.000	gauss, il faut	18	—	—

Pour obtenir le nombre total d'ampères-tours, on multiplie ce nombre d'ampères-tours spécifiques par la longueur du solénoïde en centimètres.

87. — Entrefer. — Les calculs ci-dessus sont valables pour un circuit magnétique fermé, c'est-à-dire dont les pôles se touchent (cas d'un électro-aimant lorsque la pièce attirée est en contact avec les pôles). Mais, normalement, l'air interrompt le circuit magnétique.

L'espace compris entre les pôles d'un aimant ou d'un électro-aimant s'appelle entrefer.

Nous savons que l'induction est multipliée par μ dans toute la partie du circuit magnétique où se trouve le noyau de fer doux. Mais entre les pôles, dans l'entrefer, l'air abaisse l'induction.

Le champ magnétique total est égal à la somme de l'induction dans les différentes parties du circuit magnétique. L'induction étant faible dans la partie de l'entrefer, *on a intérêt à ce que l'entrefer soit le plus étroit* possible.

88. — Force portante d'un électro-aimant. — L'induction B en gauss étant connue, la force portante est calculée ainsi :

$$F_{(\text{kilogs})} = \frac{B \times B \times s}{8 \times 3{,}14 \times 981.000}$$

B est l'induction en gauss, s est la surface en cm² du contact des pôles avec la charge soulevée.

On a donc intérêt à avoir des pôles parfaitement *plats* et larges, pour avoir une grande surface de contact.

89. — Solénoïde sur circuit magnétique fermé. — Le solénoïde peut être enroulé sur un circuit magnétique complètement fermé, par exemple, enroulé sur un anneau de fer doux (fig 43). Aucun pôle n'est plus apparent. *Ce solénoïde n'aura aucune action*

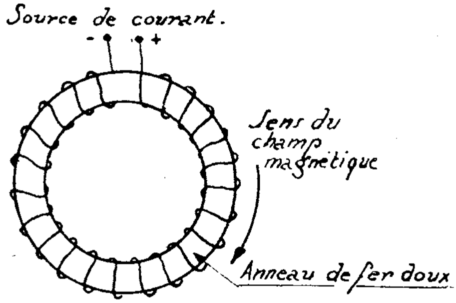


Fig. 43

Solénoïde sur circuit magnétique fermé.

magnétique à l'extérieur, les lignes de force restant à l'intérieur du circuit. Leur direction, donc le sens du champ magnétique, devient circulaire, mais le sens sera déterminé comme pour un solénoïde droit par la règle du bonhomme d'Ampère, par exemple (fig. 43).

2° PRODUCTION D'UN COURANT PAR UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Si, comme nous venons de le voir, le courant électrique peut créer un champ magnétique, le phénomène inverse : *création d'un courant électrique par un champ magnétique* est possible; ce phénomène est appelé couramment *induction.*

90. — Création d'un courant induit dans un circuit fermé. — Le courant induit entièrement créé par un champ magnétique sera régi par les conditions suivantes, connues sous le nom de *Lois de Lenz.*

1° *Si une boucle* (c'est-à-dire un conducteur fermé sur lui-même) *se trouve placée dans un champ magnétique variable, elle est le siège d'un courant induit;*

2° *Le courant induit dure le même temps que la variation de flux;*

3° *Le courant induit s'oppose, soit par son action, soit par son sens, à la cause qui lui donne naissance.*

La condition essentielle est la *variation* du champ magnétique.

Si un conducteur fermé en forme de boucle, avec un appareil de mesures sensible placé en série pour signaler l'apparition d'un cou-

rant, est approché d'un aimant (fig. 44), le champ magnétique varie tant que l'aimant se déplace : il augmente lorsque l'aimant s'approche il diminue lorsque l'aimant s'éloigne.

Un courant induit est décelé dans la boucle tant que l'aimant se déplace; il cesse si l'aimant reste immobile. Il dure donc le temps de la variation du flux.

La troisième condition de la loi énoncée ci-dessus est aussi vérifiée : en effet, le courant induit développe lui-même un champ magnétique dont on peut trouver la direction par la règle du bonhomme d'Ampère; or, le courant induit a un sens tel que le sens du champ magnétique qu'il développe lui-même est opposé au sens du champ magnétique créateur. Il y a donc bien opposition du courant à sa cause.

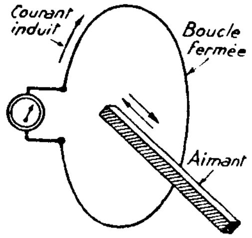


FIG. 44

Création d'un courant induit par approche ou éloignement d'un aimant.

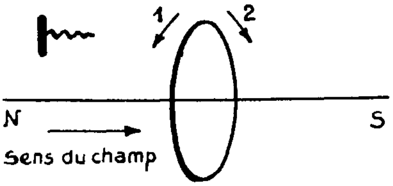


FIG. 45

Application de la règle du tire-bouchon pour trouver le sens du courant induit dans la boucle.

91. — Sens du courant induit dans un circuit fermé. — *La règle du tire-bouchon de Maxwell*, appliquée aux courants induits est très pratique.

On imagine un tire-bouchon placé parallèlement à l'axe de la boucle, et dirigé suivant le sens des lignes de force (N-S) (sens du champ).

On appelle *sens positif* le sens dans lequel le tire-bouchon doit tourner pour s'avancer comme les lignes de force; et *sens négatif* celui qui le fera déplacer en arrière, sens contraire des lignes de force (fig. 45).

Le flux étant variable (condition obligatoire) :

le courant induit aura le sens positif (tire-bouchon se vissant) lorsque le flux diminuera;

le courant induit aura le sens négatif (tire-bouchon se dévissant) lorsque le flux augmentera.

Dans le cas de la figure 45, le courant induit dans la boucle aura donc le sens indiqué par la flèche 1 lorsque le flux sera en diminution, il aura le sens indiqué par la flèche 2 lorsque le flux sera en augmentation.

92. — Courant induit dans un solénoïde par un solénoïde voisin parcouru par un courant variable. — Un courant dans un solénoïde produit un champ magnétique dont la valeur dépend de l'intensité; donc un courant d'intensité variable produira un champ magnétique variable.

Soient les deux boucles A et B placées côte à côte, sans liaison électrique. Si dans la boucle A, un courant électrique variable est

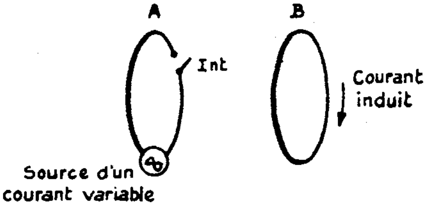


Fig. 46

Induction : Un courant induit parcourt la boucle B lorsque la boucle A est le siège d'un courant variable.

produit, le champ magnétique variable causé engendre dans la boucle B un courant induit.

Le courant dans la boucle A peut être fourni par une source de courant continu; le fait de fermer l'interrupteur entraîne le départ d'un courant dont l'intensité va de zéro au maximum; il est donc variable. L'ouverture de l'interrupteur, de même, déclanche une diminution d'intensité vers zéro : le courant est encore variable. Chaque fois, un courant induit aura pris naissance dans la spire B.

La boucle A est le circuit primaire; la boucle B le circuit secondaire. On pourrait intervertir leur rôle sans changer rien au phénomène produit.

Bobine d'induction. — Si un solénoïde (primaire) est parcouru par le courant d'un pile, et si un trembleur attiré par le noyau de fer du solénoïde coupe le courant à chaque attraction, il en résulte un cou-

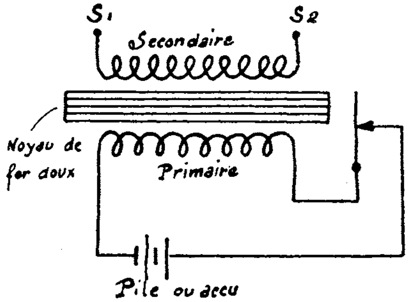


Fig. 47

Principe de la bobine d'induction ou bobine de Rhumkorff.

rant induit très important dans le solénoïde secondaire (fig. 47). Entre S_1 et S_2, des tensions élevées sont possibles. C'est le principe de la bobine d'induction capable de fournir de puissantes étincelles aux bornes de son secondaire, quoique le primaire soit alimenté par un simple accu. *Application* : ex-postes émetteurs de T.S.F., à étincelles (ancêtres) ; bobine d'induction fournissant les étincelles dans les moteurs d'automobiles.

93. — Induction sur une partie de conducteur d'un circuit. — Si, au lieu de considérer une boucle (conducteur fermé), on considère un simple conducteur faisant partie d'un circuit quelconque, et que ce conducteur *se déplace perpendiculairement* dans un champ magnétique, il en résulte autour de lui une variation de flux, et il est parcouru par un courant induit (fig. 48).

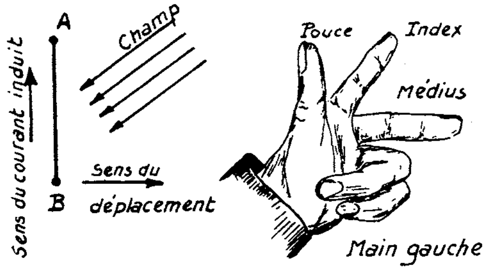


Fig. 48

Courant induit dans un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique.

Le sens du courant peut être trouvé ainsi (règle des trois doigts) ; si l'on se base sur la *main gauche*, et que l'on place pouce, index et médium dans trois directions perpendiculaires (fig. 48), le médium étant dans le sens du déplacement, l'index dans le sens du champ, le pouce sera dans le sens du courant induit dans le conducteur.

94. — Courants de Foucault. — En conséquence des lois de l'induction, il se produit, à l'intérieur des masses métalliques placées dans un champ magnétique variable, de petits courants induits fermés sur eux-mêmes qui sont nuisibles puisqu'ils sont une *perte d'énergie*. Ces courants se produisant perpendiculairement à l'axe du champ, aux lignes de force N-S (voir fig. 45), on remplace les cylindres métalliques d'une seule pièce par des cylindres formés de rondelles plates de métal empilées, mais isolées les unes des autres par un vernis, par exemple. Les courants nuisibles dits *courants de Foucault* se produisent dans leur épaisseur et sont donc très petits.

C'est ce qui explique que les induits de dynamo, les noyaux de fer des transformateurs, etc.., et de tous appareils destinés à être baignés dans un champ magnétique variable, sont *feuilletés* en plaquettes isolées.

95. — Self-Induction. — Quand dans un circuit électrique on établit le courant en fermant l'interrupteur, on peut considérer le courant comme *variable* pendant un court instant, puisqu'il passe de la valeur zéro à la valeur normale. Il en résulte pendant ce court instant un champ magnétique variable, donc un courant induit qui se superpose au premier. Ce courant induit est appelé *courant de self-induction*, ce qui veut dire, *induction sur soi-même.*

Comme tout courant induit, il tente de s'opposer à la cause qui lui a donné naissance (loi de Lenz).

Donc, lorsque l'on ferme l'interrupteur d'un circuit (fig. 49), le courant habituel I prend naissance et augmente. Il se produit un

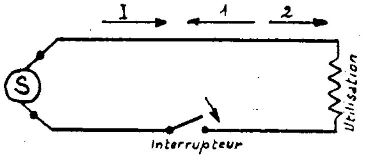


Fig. 49

Sens possibles du courant de self-induction lorsque l'on ferme l'interrupteur d'un circuit.

courant de self-induction qui tente de s'opposer à lui et qui a donc le sens de la flèche I. Au contraire, lorsqu'on coupe le courant en ouvrant l'interrupteur, le courant de self-induction s'opposant à la diminution du courant I a le sens de la flèche 2.

La tension de self-induction est d'autant plus élevée si le circuit se comporte comme un solénoïde, et d'autant plus élevée que la variation de courant est plus rapide.

C'est cette tension qui cause des étincelles aux bornes des interrupteurs (extra-courant de rupture). Nous verrons que ces étincelles peuvent être supprimées par le branchement d'un condensateur de forte capacité aux bornes de l'interrupteur.

96. — Coefficient de self-induction - Henry. — Lorsqu'un solénoïde (bobinage) est parcouru par un courant variable, le champ magnétique variable ainsi créé entraîne la formation d'un courant induit de self-induction. *Le quotient de la valeur du flux magnétique par la valeur du courant induit créé est un chiffre constant qui dépend uniquement du solénoïde* (de ses dimensions, du nombre de spires, et également de la perméabilité s'il y a un noyau de fer).

Ce chiffre est le *coefficient de self-induction* du solénoïde et il fixera donc la valeur d'un bobinage donné.

L'unité de coefficient de self-induction est le *henry.*

On trouvera la valeur en henrys du coefficient de self-induction d'un bobinage par le calcul suivant :

Connaissant N le nombre de tours du bobinage,
l la longueur du bobinage en cm,
S la surface d'une spire en cm²

la valeur du coefficient de self-induction L sera en henrys :

$$L_{(henrys)} = \frac{12,5 \times N \times N \times S}{l \times 10^9}$$

(on sait que $10^9 = 1.000.000.000$).

Si le bobinage possède un noyau de fer, le résultat sera multiplié par le coefficient de perméabilité μ. On se rappelle que μ dépend de la valeur du champ, donc de la valeur du courant en ampères qui traversera le bobinage.

Le coefficient de self-induction d'un bobinage sur noyau de fer changera de valeur d'après la valeur de l'intensité du courant qui le traversera.

EXEMPLE : un bobinage sur tôles de fer, employé dans un poste de radio comme « *self de filtrage* » et qui a un coefficient de self-induction de 40 henrys lorsque le courant qui le traverse est de 10 milliampères pourra ne plus avoir que 12 henrys si le courant est porté à 50 milliampères.

Cela est dû à ce que, pour cette nouvelle valeur de courant, le nombre d'ampères-tours est plus élevé, le champ magnétique a augmenté, et le coefficient de perméabilité du fer, s'est trouvé diminué.

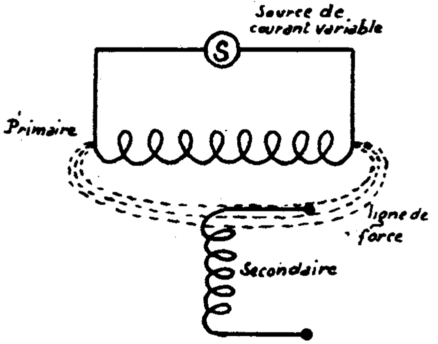


FIG. 50

Lorsque 2 bobinages sont placés suivant un angle droit, le couplage est faible (lâche).

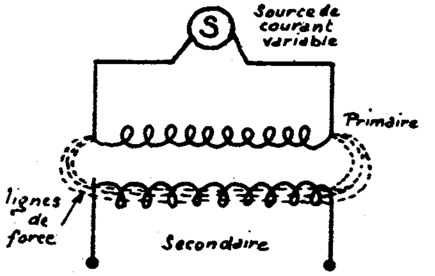


FIG. 51

Lorsque 2 bobinages sont parallèles et proches, le couplage est élevé (serré).

97. — Induction mutuelle. — Deux bobinages voisins dont l'un (primaire) est le siège d'un courant variable, comme les spires A et B de la figure 46, s'influencent puisque nous avons vu qu'un courant induit prend naissance dans le « *secondaire* » B.

Le degré d'influence des deux bobinages l'un sur l'autre et qui dépend de leur position l'un par rapport à l'autre, et de leur rapprochement, est appelé *coefficient d'induction mutuelle.* Il dépend aussi de la valeur de self-induction de chacun des bobinages considéré seul; et il se mesure également en henrys.

Lorsque les deux solénoïdes sont placés en croix l'un par rapport à l'autre, le coefficient est faible.

En effet, les lignes de force engendrées par le primaire ne traversent les spires du secondaire que par leur tranche (fig. 50), la surface influencée est minime, donc le flux est petit.

Si les bobinages sont placés parallèlement et sont proches, le coefficient est élevé. En effet, les lignes de force du primaire traversent la surface entière des spires du secondaire (fig. 51).

Si les bobinages primaire et secondaire sont réalisés sur le même axe ou à deux endroits d'un même noyau magnétique commun, le coefficient est très élevé. En effet, dans les deux cas, la totalité des lignes de

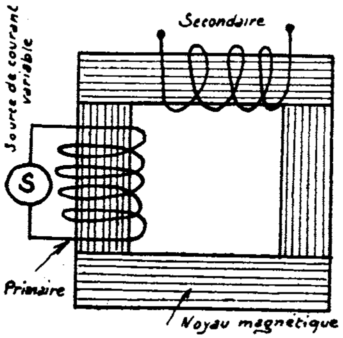


FIG. 52

Lorsque 2 bobinages ont pour axe un même noyau magnétique, le couplage est très élevé.

force traverse la surface entière des spires du secondaire; dans le cas d'un noyau magnétique, celui-ci conduit les lignes de force qui traversent donc bien le bobinage secondaire dans son axe (fig. 52).

Retenir les expressions suivantes :

Lorsqu'il y a coefficient d'induction mutuelle faible, on dit que *le couplage est lâche.*

Lorsqu'il y a coefficient d'induction mutuelle élevé, on dit que *le couplage est serré.*

3° ACTION RÉCIPROQUE DES COURANTS ET DES CHAMPS MAGNÉTIQUES

Puisqu'un courant est capable de développer un champ magnétique, si le courant circule dans une zone où règne un autre champ magnétique produit soit par un aimant, soit par un autre courant, ils se conduiront vis-à-vis l'un de l'autre comme deux aimants en présence.

C'est une conséquence pratique de l'électromagnétime que nous venons d'étudier.

98. — Cas d'une boucle parcourue par un courant et se trouvant dans un champ magnétique. — La règle du bonhomme d'Ampère, nous l'avons vu au paragraphe 83, nous dira quelle est la face nord et quelle est la face sud de la boucle, à la suite du passage du courant.

Cette boucle va donc se conduire comme un aimant, et, comme un aimant, va être ou attirée, ou repoussée par le champ magnétique qui la baigne.

La règle suivante nous indiquera très simplement le sens du déplacement.

RÈGLE DE MAXWELL. — Une boucle parcourue par un courant et placée dans un champ magnétique se déplace pour tenter d'augmenter le flux entrant par sa face sud. Lorsque le flux entrant par la face sud est maximum, l'équilibre est obtenu.

EXEMPLE. — La boucle de la figure 53 rencontre un champ magnétique extérieur qui la traverse en biais. Si elle est parcourue elle-même par un courant, la règle du bonhomme d'Ampère (paragraphe 83) nous indique qu'elle a une face nord et une face sud orientées comme l'indique la figure. La boucle tendra alors à se déplacer pour se mettre dans une position analogue à celle indiquée par le pointillé. *Le flux la traversera alors au maximum, en entrant par la face sud.*

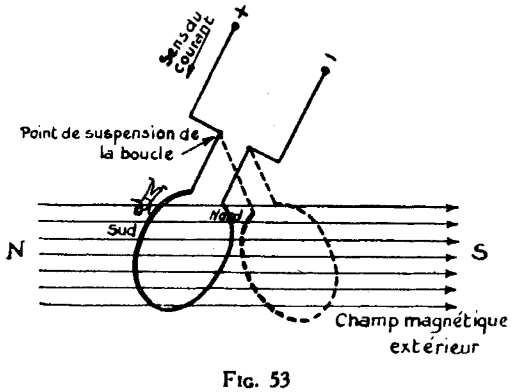


FIG. 53

Une boucle parcourue par un courant et placée dans un champ magnétique tend à se déplacer.

On remarque, en fait, que le pôle nord de la boucle s'est tourné plus franchement vers le pôle sud du champ extérieur, et le pôle sud plus franchement vers le pôle nord du champ. Ce qui est conforme à la règle d'attraction de deux aimants.

99. — Cas d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant et se trouvant dans un champ magnétique. — Mêmes causes, mêmes effets : le champ magnétique développé par le courant dans le conducteur s'oppose au champ magnétique extérieur. D'où force de déplacement agissant sur le conducteur.

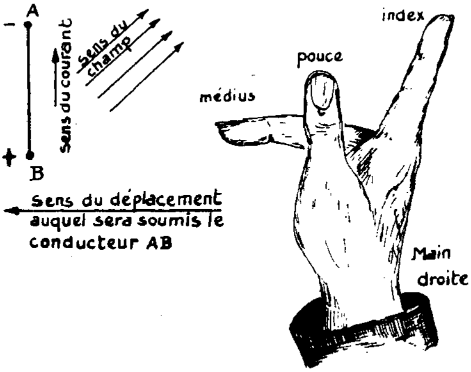


FIG. 54

Sens du déplacement auquel est soumis un conducteur parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique.

On trouvera la direction de la force appliquée par la règle des trois doigts, mois cette fois en la basant sur la *main droite.*

Si l'on place les trois doigts dans trois directions perpendiculaires, le pouce étant dans le sens du courant, l'index dans le sens du champ, le médius indiquera le sens du déplacement (fig. 54).

100. — Applications des lois de l'électromagnétisme. — Dans les lois de l'électromagnétisme que nous avons passées en revue avec leurs conséquences, résident tous les principes de fonctionnement des dynamos et magnétos, des moteurs électriques, des alternateurs, et même des appareils de mesure (voltmètres, ampèremètres) les plus employés.

De plus, les lois de l'induction, cette partie de l'électromagnétisme étudiée au deuxième chapitre, sont à la base même de la Radio, non pas pour la transmission de l'onde, mais pour la réalisation des organes et appareils qui permettront de capter, conduire et amplifier cette onde avant de lui faire révéler le message qu'elle apporte.

La huitième leçon a donc posé les bases principales de nos études.

NEUVIÈME LEÇON

APPAREILS DE MESURE

L'existence d'un courant électrique, la valeur de son intensité, la valeur d'une différence de potentiel sont déterminés grâce à des appareils de mesure qui sont tous basés :

1° Soit sur l'électromagnétisme, c'est-à-dire sur les effets du courant dans un champ magnétique,

2° Soit sur la dilatation produite par l'échauffement d'un conducteur au passage du courant : appareils *thermiques.*

Selon le but auquel ils sont destinés, les appareils de mesure d'un usage constant dans l'industrie seront : voltmètres, ampèremètres, galvanomètres.

101. — Principe des appareils de mesure électromagnétiques. — On doit se servir d'un effet électromagnétique du courant pour en déduire la valeur, ou simplement l'existence.

Trois méthodes différentes sont possibles et engendreront trois classes différentes d'appareils de mesure électromagnétiques.

102. — Appareils électromagnétiques à aimant mobile. — *Basés sur le principe de la déviation d'un aimant placé dans le champ magnétique d'un solénoïde que l'on fait parcourir par le courant à mesurer.* — La figure 55 schématise une installation de ce

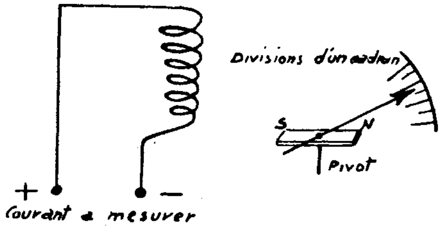


FIG. 55

Principe de fonctionnement des galvanomètres, ampèremètres et voltmètres à aimant mobile.

genre. Le barreau aimanté NS au repos s'orienterait donc comme une boussole et serait dévié de cette orientation lorsqu'un courant à mesurer passerait dans le solénoïde. Sous cette forme, l'appareil n'est utilisé qu'en laboratoire.

Dans l'industrie, le même principe est appliqué ainsi : le barreau NS est en fer doux, et sa position de repos est déterminée par un aimant voisin : il est donc lui-même comme un aimant. Un ressort spiral, monté sur le pivot, tend à le ramener au zéro lorsqu'il y a déplacement dû à un courant.

Ces appareils ont une polarité, c'est-à-dire un sens de branchement (+ et —) afin que le déplacement ait toujours lieu dans le même sens.

Par suite, ils ne peuvent être utilisés que pour *courant continu*, c'est-à-dire à polarité (+ et —) fixe et sens unique de courant. (En effet, le courant dit alternatif, lui, change de sens sans cesse).

Cet appareil est apériodique, c'est-à-dire qu'il s'immobilise rapidement sur une position donnée, au lieu d'osciller comme le ressort spiral le voudrait; en effet, les courants parasites de Foucault développés dans l'aimant s'opposent à la cause qui leur donne naissance et freinent donc les oscillations.

103. — Appareils électromagnétiques à cadre mobile. — *Basés sur le principe de la déviation du solénoïde parcouru par le courant à mesurer, le champ magnétique créé s'opposant au champ d'un aimant puissant dans l'entrefer duquel se trouve le solénoïde.*

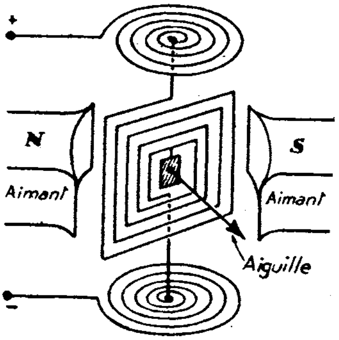


FIG. 56

Principe de fonctionnement des galvanomètres, ampèremètres et voltmètres à cadre mobile.

La figure 56 schématise ce dispositif. On appelle *cadre mobile* le solénoïde bobiné rectangulairement autour d'un petit noyau de fer monté sur pivot juste dans l'entrefer de l'aimant. L'aiguille indicatrice est solidaire de ce cadre pivotant, muni d'un ressort spiral à chaque extrémité de son pivot.

Ces appareils sont *très sensibles* et *très précis;* ils sont très employés dans l'industrie.

Ces appareils ont une polarité (+ et —) comme ceux à aimant mobile, et ne peuvent donc, eux aussi, être employés qu'à la mesure d'un *courant continu.*

Ces appareils sont apériodiques, eux aussi, grâce aux courants de

Foucault développés dans le noyau de fer, et qui amortissent les oscillations de l'aiguille.

104. — Appareils électromagnétiques à palette de fer doux. — *Basés sur la répulsion de deux palettes de fer doux, l'une fixe, l'autre mobile sur un pivot et portant l'aiguille indicatrice, lorsqu'elles sont aimantées toutes deux de même façon par le champ du solénoïde fixe parcouru par le courant à mesurer.* La figure 57 schématise ce dispositif.

Ces appareils sont *peu précis*, car le magnétisme rémanent subsistant après le passage du courant fausse les lectures. Ce dispositif n'est utilisé que dans les ampèremètres et les voltmètres bon marché.

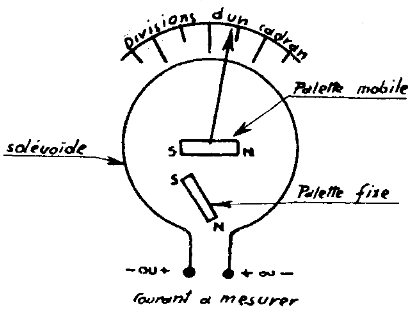


FIG. 57

Principe de fonctionnement des ampèremètres et voltmètres bon marché à palettes de fer doux.

Ces appareils sont sans polarité, car, quel que soit le sens de l'aimantation, ce sont toujours des pôles de noms contraires qui se trouvent en regard, les deux palettes étant pareillement influencées.

Ils peuvent donc servir *en courant alternatif comme en courant continu.*

Ces appareils ne sont pas apériodiques, l'aiguille oscille longtemps autour de la lecture à faire, on reconnaît à cela ces appareils de médiocre qualité.

105. — Appareils de mesure non électromagnétiques : appareils thermiques. — *Basés sur la production de chaleur par suite du passage du courant dans un conducteur fin et résistant* (effet Joule, voir paragraphe 41 : $W = R \times I \times I$).

La figure 58 schématise le dispositif employé. La dilatation du fil fin et résistant AB parcouru par le courant à mesurer entraîne un déplacement du fil tendeur, et, par suite, une rotation de la poulie sur laquelle il s'enroule au passage et qui porte l'aiguille indicatrice.

Ces appareils ont l'inconvénient d'absorber une certaine quantité d'énergie et, par suite de leur courant minimum élevé, d'être peu sen-

sibles, et dans l'emploi en voltmètre (voir ci-après) de ne donner que des résultats approchés.

Ces appareils n'ont pas de polarité (+ ou —), et peuvent donc être employés avec tous courants alternatifs ou continus.

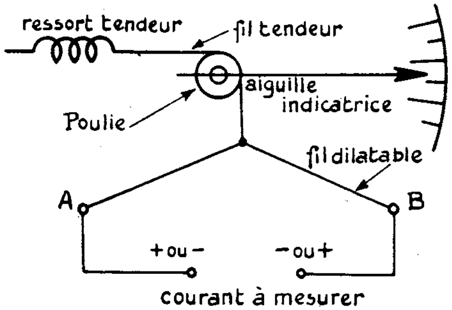


Fig. 58

Principe de fonctionnement des ampèremètres et voltmètres thermiques.

106. — Appareils : le galvanomètre. — Le galvanomètre sert simplement à montrer l'existence d'un courant. Il est donc placé en série dans le circuit considéré (fig. 59). Il se compose exactement de l'un des dispositifs électromagnétiques ou thermiques étudiés ci-dessus.

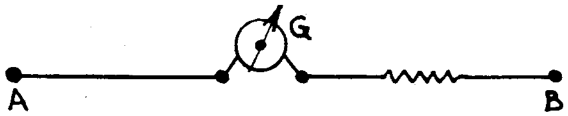


Fig. 59

Le galvanomètre G placé en série dans le circuit AB prouve par sa déviation qu'un courant circule entre A et B.

Le galvanomètre à cadre mobile est très précis, et il peut être sensible aux courants les plus faibles.

On l'emploie comme indicateur de zéro dans les ponts de Wheastone (voir paragr. 46 *bis* et 181).

107. — Le Voltmètre. — Branchement. — Il se place aux bornes de la source dont la différence de potentiel est à mesurer, ou entre deux points d'un circuit pour mesurer la chute de tension. Donc, *il est toujours en parallèle sur le circuit ou la portion de circuit considéré.* Le principe est de dériver, dans une résistance en parallèle sur le circuit, un faible courant. L'appareil de mesures mesure en fait un courant, c'est donc un milliampèremètre, mais la tension étant proportionnelle au courant (loi d'Ohm : $U = RI$), on en déduit directement le nombre de volts et l'on peut graduer l'appareil en volts.

Les figures 60 et 61 montrent des exemples de branchement de voltmètre.

En conséquence, *le voltmètre doit avoir une résistance personnelle très élevée*, afin de consommer peu; en effet, sa résistance se trouve placée en *parallèle* sur la résistance du circuit mesuré, et la lecture est donc d'autant plus faussée que le voltmètre est moins résistant.

EXEMPLE : si un voltmètre de résistance 50.000 ohms mesure la chute de tension aux extrémités d'une résistance de 50.000 ohms,

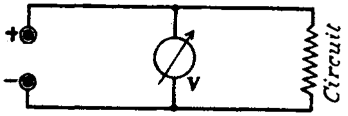


FIG. 60

Exemple de branchement d'un voltmètre : mesure de la d. d. p. aux bornes du circuit.

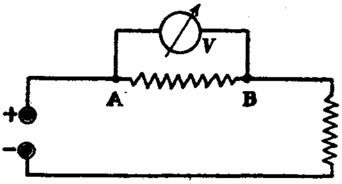


FIG. 61

Exemple de branchement d'un voltmètre : mesure de la chute de tension entre deux points A et B d'un circuit donné.

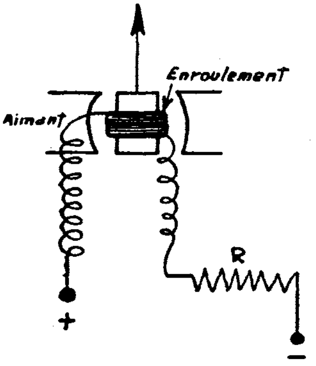


FIG. 62

Schéma intérieur d'un voltmètre à cadre mobile.

le résultat sera faussé de 50 %. Si un courant de 0,002 ampère circulait, la chute de tension était de : $0^{A},002 \times 50.000 = 100$ volts. Après la mise en place du voltmètre, la résistance deviendrait

$$\frac{50.000}{2} = 25.000 \text{ ohms}$$

et la chute de tension indiquée serait : $0,002 \times 25.000 = 50$ volts.

Pour des circuits à faible résistance (lampes d'éclairage par exemple), *la résistance du voltmètre sera relativement importante. L'erreur sera négligeable.*

Pour des circuits comportant des résistances de valeur élevée (50.000, 100.000 ohms) comme ceux des récepteurs de T.S.F., le voltmètre devra atteindre au moins ces valeurs (500.000 ohms) et la lecture restera assez fausse pour les résistances élevées. Il est parfois préférable dans ce cas d'employer un ampèremètre (ou un milliampèremètre) pour mesurer le courant traversant la résistance, et, en multipliant par le nombre d'ohms, on obtient la chute de tension réelle.

CONSTITUTION D'UN VOLTMÈTRE. — Il comprendra un galvanomètre, avec, placée en série avec le solénoïde, une résistance connue de valeur élevée (fig. 62). Le cadran du galvanomètre sera gradué en volts.

Si le galvanomètre dévie totalement pour un courant de 1 milliampère, que son cadran comporte 10 divisions, et que l'on désire obtenir un voltmètre pour mesurer au maximum des tensions de 500 volts, on placera une résistance R de :

$$\frac{500}{0,001} = 500.000 \text{ ohms}$$

La résistance de l'enroulement est faible en rapport, 200 ohms par exemple. La résistance R, pour un appareil très précis ne devrait être alors que : 500.000 — 200 = 499.800 ohms.

Comme les 10 divisions du cadran seront parcourues par l'aiguille pour une tension de 500 volts, chaque division vaudra

$$\frac{500}{10} = 50 \text{ volts.}$$

Et l'on graduera ainsi ce voltmètre « de sensibilité 500 volts ».

VOLTMÈTRE A PLUSIEURS SENSIBILITÉS. — Il suffit de placer plusieurs résistances calculées pour chaque sensibilité désirée, et d'avoir des prises différentes pour ne brancher que la résistance convenable

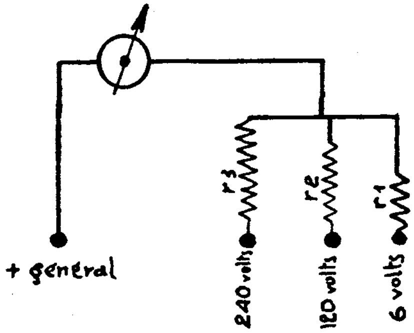


FIG. 63
Schéma de principe d'un voltmètre à 3 sensibilités.

(fig. 63). Le cadran comporte une échelle de lecture pour chaque sensibilité. Ainsi sont prévus les voltmètres pour 6, 120 et 240 volts, par exemple (fig. 63).

QUALITÉ D'UN VOLTMÈTRE. — Elle sera d'autant plus grande que sa résistance sera élevée. On l'exprimera en « ohms par volt ». Un voltmètre qui consomme 2 m^A sera un appareil de 500 ohms par volt.

108. — L'Ampèremètre. — ROLE ET BRANCHEMENT. — Sert à mesurer *l'intensité* d'un courant et se place donc *en série* dans le circuit où passe le courant à mesurer (fig. 64).

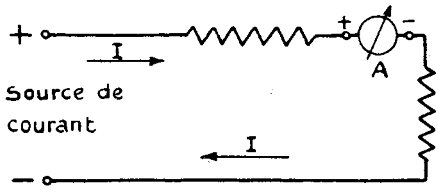


FIG. 64

L'ampèremètre A mesure le courant I traversant le circuit.

C'est un galvanomètre dont le cadran est gradué en ampères ou milliampères.

Il doit avoir une *très faible résistance*, puisque sa résistance va s'ajouter à celle du circuit à mesurer.

La résistance d'un galvanomètre est généralement faible (150 à 500 ohms) par rapport à celle du circuit lorsqu'il dévie pour un courant faible (10 milliampères par exemple). Mais il est souvent nécessaire de mesurer des intensités bien plus élevées. Le même galvanomètre pourra être utilisé.

SHUNTS. — Il suffit de placer *en parallèle* sur l'enroulement du galvanomètre une résistance de valeur appropriée pour détourner par elle une partie donnée du courant. L'indication du galvanomètre devra donc être multipliée en conséquence (fig. 65).

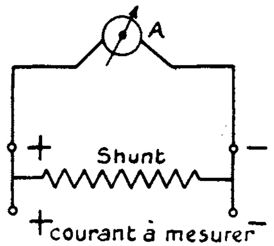


FIG. 65

Ampèremètre à sensibilité pour courants plus intenses grâce à la présence du shunt R.

EXEMPLE : un galvanomètre de résistance 150 ohms donne sa déviation totale pour un courant de 10 milliampères. Si l'on veut mesurer des intensités jusqu'à un maximum de 1 ampère, le shunt devra détourner :

$$1^{A} - 0{,}01 = 0{,}99 \text{ ampère.}$$

Donc la résistance du shunt devra être 99 fois plus faible que celle du galvanomètre :

$$R = \frac{150}{99} = 1{,}51 \text{ ohm}$$

Le shunt devra être prévu en fil assez gros pour pouvoir laisser passer 1 ampère (0,99 A) sans trop chauffer. Si le cadran a 10 divisions, quand le shunt sera branché, la déviation totale vaudra 1 ampère, et chaque division 1/10^{e} d'ampère.

REMARQUE : *pour brancher un ampèremètre on est toujours obligé d'effectuer une coupure dans le circuit* (puisqu'il faut le brancher « en série »).

109. — Boîtes de contrôle ou radio-contrôleurs (*milliampèremètre-voltmètre*). — En radio, on utilise beaucoup la boîte de contrôle ou « radio-contrôleur » utilisant un galvanomètre à cadre donc très précis, qui sert à la fois comme voltmètre à plusieurs sensibilités, et comme milliampèremètre-ampèremètre à plusieurs sensibilités grâce à des résistances et shunts appropriés, mis en service selon que l'on branche l'appareil par l'une ou l'autre des prises multiples (fig. 66).

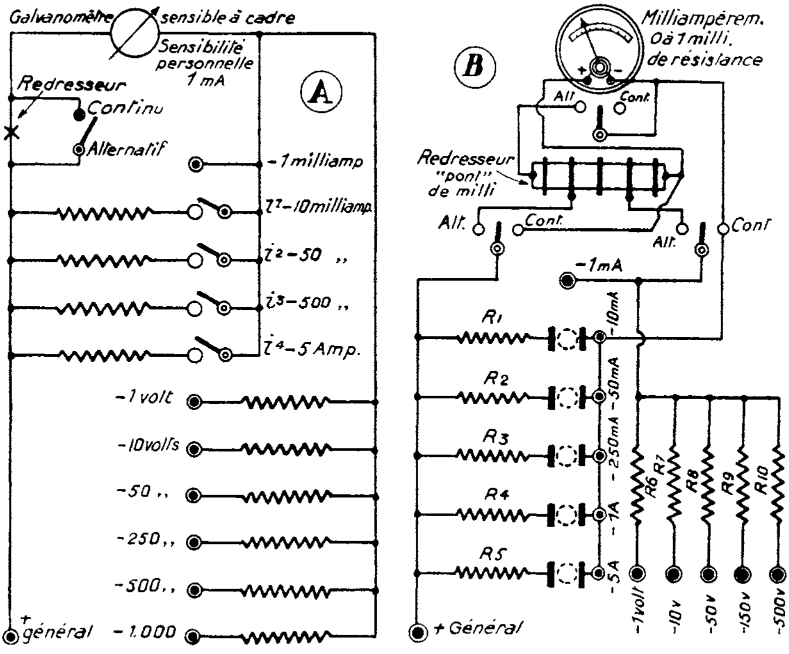


FIG. 66

Schéma de principe d'une boîte de contrôle milliampèremètre-voltmètre à 11 sensibilités différentes, très employée pour la mesure et le dépannage des appareils radio. Souvent le redresseur est monté « en pont » au lieu d'être en série dans un seul fil, mais le principe est le même (fig. 66 B).

Les interrupteurs i_1 i_2 i_3 i_4 signifient que lorsqu'on enfonce une fiche dans la prise « intensité » placée à côté, ce circuit se ferme, ce qui est nécessaire pour le fonctionnement en ampèremètre (comparer avec schéma, fig. 65). C'est la fiche de branchement qui, en pratique, assure cette liaison par son seul enfoncement.

RADIO-CONTROLEURS UNIVERSELS. — Ce sont ceux qui peuvent mesurer également en courant alternatif; mais comme le galvanomètre à cadre mobile est le seul appareil *sensible* et *précis* et qu'il ne peut agir que pour les courants continus, la quantité de chaleur dégagée étant indépendante du sens du courant; un petit appareil appelé *redresseur* placé en série dans le circuit du galvanomètre transforme le courant alternatif en courant continu. Mais les graduations changent, une autre échelle est nécessaire sur le cadran, et un interrupteur doit le court circuiter lorsqu'on mesure un courant continu (voir fig. 66).

EXEMPLE DE QUALITÉ : le radio-contrôleur de la figure 66 est de qualité minimum : 1.000 ohms par volt. Pour les appareils de mesure utilisés en radio, on recommande les appareils de 10.000 ohms par volt.

110. — Le Wattmètre. — ROLE ET BRANCHEMENT. — Il mesure la puissance consommée par un circuit électrique, et se branche aux bornes du circuit à mesurer.

Les compteurs d'installations électriques sont des wattmètres, d'un type spécial (mesure de l'énergie consommée en un certain temps).

Puisque nous savons que :

$$P_{(watts)} = U_{(volts)} \times I_{(ampères)}$$

un wattmètre pourra directement donner l'indication de la puissance si l'aiguille est déviée à la fois par un voltmètre branché aux bornes du circuit, et par un ampèremètre placé en série dans le circuit.

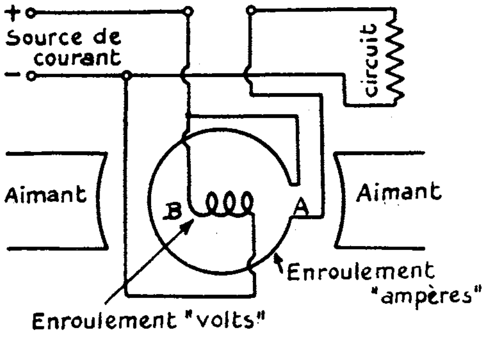


FIG. 67

Principe de fonctionnement et du branchement d'un wattmètre.
L'aiguille, l'enroulement A et l'enroulement B sont montés sur le même pivot.

Le *wattmètre électromagnétique* sera donc un appareil à cadre, mais comportant deux enroulements, l'un en fil fin et long, branché pour les volts, l'autre en fil beaucoup moins résistant et plus court, branché en série pour les ampères. L'un des enroulements est mobile et porte l'aiguille, et le déplacement résulte de leurs deux champs qui s'opposent. L'appareil indique donc des watts (fig. 67).

Un wattmètre peut donc se brancher par trois fils.

DIXIÈME LEÇON

GÉNÉRATEURS MÉCANIQUES MAGNÉTOS (1) ET DYNAMOS

Si les piles et les accumulateurs en décharge sont des générateurs chimiques parce qu'ils transforment de l'énergie chimique en énergie électrique, les *magnétos et dynamos sont des générateurs mécaniques;* en effet, elles transforment une énergie mécanique qu'on leur donne (*rotation*) en énergie électrique.

Leur fonctionnement est entièrement basé sur les lois de l'électromagnétisme et se rapporte spécialement aux cas envisagés dans les paragraphes 90 et 91 : création d'un courant induit dans un solénoïde placé dans un champ magnétique variable.

Pratiquement on utilise un champ magnétique constant dans lequel on fait tourner un solénoïde. Cette rotation fera en effet varier le flux qui traverse les spires du solénoïde, selon la position des spires par rapport à la direction du champ.

111. — Parties essentielles des magnétos et dynamos. — Il en est quatre :

1° L'INDUCTEUR. — Il est chargé de créer un champ magnétique. Ce sera donc un aimant (cas des magnétos) ou un électro-aimant (cas des dynamos) (voir fig. 68).

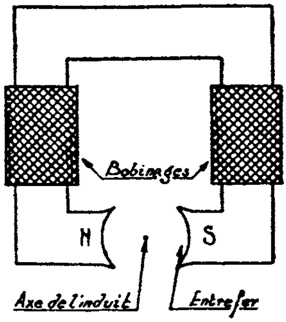


FIG. 68

Forme générale de l'inducteur. Si celui-ci est un électro-aimant (dynamo), les bobinages sont parcourus par un courant d'excitation pour créer le champ magnétique.

2° L'INDUIT dans lequel sera créé le courant induit. Il est placé dans le champ magnétique, donc dans l'entrefer de l'inducteur, entre ses deux pôles. Il est formé d'un noyau de fer doux qui est un anneau ou un cylindre fait de rondelles de tôles accolées et isolées les unes

(1) A courant continu.

des autres par le vernissage de leurs faces (pour réduire les pertes par courants de Foucault, voir paragraphe 94). Sur ce noyau est bobiné un enroulement de fil fin dont les spires régulièrement espacées forment un circuit continu fermé sur lui-même (voir fig. 69). L'induit est porté par un axe et peut donc tourner à l'intérieur de l'entrefer de l'inducteur.

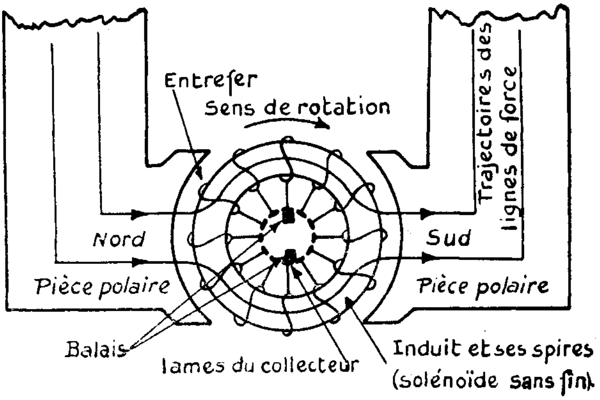


FIG. 69

Pièces polaires, induit, collecteur et balais d'une dynamo. Pratiquement, le nombre de spires de l'induit est beaucoup plus élevé et chaque lame du collecteur correspond à un groupe de spires ou « section ».

3° LE COLLECTEUR qui recueille le courant induit. Ce sont des lames de cuivre isolées les unes des autres et placées sur un petit cylindre sur le même axe que l'induit. Chaque lame de cuivre est reliée à une spire ou à un groupe de spires de l'induit (voir fig. 69) dont l'enroulement est ainsi divisé en sections.

4° LES BALAIS, qui recueillent le courant au collecteur. Ils sont généralement deux, opposés l'un à l'autre, et frottent sur les lames du collecteur. Des balais, part le circuit extérieur pour l'utilisation du courant.

C'est donc entre ces deux balais que le générateur devra entretenir une différence de potentiel.

L'un des balais sera donc le pôle positif, l'autre, le pôle négatif.

112. — Principe de fonctionnement. — La loi de Lenz (courants induits) et la règle du tire-bouchon de Maxwell (voir paragraphes 90 et 91) serviront à cette démonstration.

Considérons la figure 70.

Voici ce qu'à première vue nous pouvons établir : le flux magnétique traverse l'entrefer allant du nord vers le sud; l'induit étant

en fer doux, les lignes de force s'y concentrent. Les flèches Φ (flux) indiquent le trajet de ces lignes de force qui se trouvent donc divisées en deux faisceaux.

Nous supposons qu'il n'y ait qu'une seule spire, fermée sur elle-même, placée sur l'induit; l'induit tourne dans le sens de la flèche F.

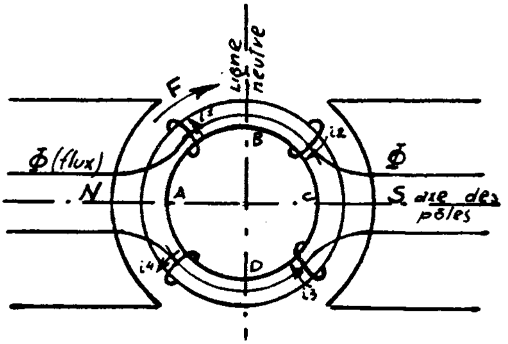


FIG. 70
Étude du sens du courant induit au cours de la rotation d'une spire de l'induit.

Si nous examinons la spire, nous remarquons que, dans les positions A et C, elle se présentera couchée dans le sens des lignes de force et ne sera traversée que par très peu de lignes de force, même par aucune lorsqu'elle sera exactement sur l'axe des pôles. A et C sont donc pour elle des positions de *minimum de flux.*

Au contraire, dans les positions B et D, elle présente sa face entièrement au passage des lignes de force d'un faisceau et B et D sont donc les positions de *maximum de flux.*

De A à B, la spire est traversée par le flux, mais elle va d'un minimum de flux vers un maximum. Il y a variation de flux, donc *courant induit dans la spire* (loi de Lenz). Le flux étant *en augmentation,* le sens du courant est *négatif* (paragraphe 91), c'est-à-dire comme celui du tire-bouchon se *dévissant,* ce tire-bouchon étant dans le sens des lignes de force. De ce raisonnement, nous déduisons que le sens du courant induit est celui indiqué par la flèche i_1.

De B (maximum de flux) à C (minimum), le flux *décroît;* le sens du courant devient *positif,* la règle du tire-bouchon *se vissant* donne le sens indiqué par la flèche i_2.

De C (minimum de flux) à D (maximum), le flux *croît;* le sens de courant est donc *négatif,* mais comme les lignes de force entrent par l'autre face de la spire, le sens négatif sera celui de i_3, identique à i_2.

De D (maximum de flux) à A (minimum), le flux *décroît;* sens

de courant *positif*, tire-bouchon ayant la même position que dans la phase précédente, le courant devient suivant i_4.

Remarquons que pour ces quatre positions, le sens du courant est le même en i_1 et i_4 et qu'il est inversé en i_2 et i_3, il est donc le même en i_2 et i_3.

Si l'on mène une ligne imaginaire (appelée *ligne neutre*) par B et D, c'est-à-dire la perpendiculaire à l'axe des pôles passant par l'axe de rotation de l'induit, les spires placées d'un même côté de cette ligne ont toutes le même sens de courant, qui est opposé au sens du courant des spires placées de l'autre côté.

Si l'induit est complètement enroulé, nous aurons d'un côté de BD, autant de spires, sièges d'un courant induit, reliées ensemble comme autant de piles en série; les spires de l'autre côté de la ligne neutre sont dans le même cas, mais le courant est opposé.

Chaque spire étant reliée à une lame de cuivre du collecteur qui tourne avec l'induit, si nous plaçons juste sur la ligne neutre, en B et en D, deux frotteurs fixes (balais) qui feront contact avec la lame du collecteur arrivant sur la ligne neutre au cours de la rotation, chaque balai recueillera la somme des potentiels développés dans le groupe de spires de gauche pour le balai B, dans le groupe de spires de droite pour le balai D, les sens de courant étant opposés, l'un des balais sera le pôle négatif de chacun des groupes, l'autre le pôle positif.

La figure 71 montre chaque spire symbolisée par un élément de

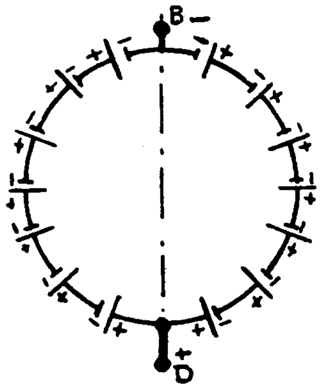


Fig. 71

Comparaison des spires de l'induit à deux groupes de piles série montés en parallèle.

pile. Toutes les spires d'un même côté de BD ayant même sens de courant induit, la polarité est la même. Cela donne en B un point négatif commun et en D un point positif commun.

Les deux circuits, gauche et droite, ont, au cours de la rotation, même potentiel, ayant même nombre de spires. Il se contrebalancent

et rien ne se passe. Mais si l'on place un balai en B et un balai en D, les deux groupes deviennent montés en parallèle. On a une source de tension ayant le point D pour pôle +, et le point B pour pôle —. C'est donc de ces deux pôles que partira le circuit d'utilisation de l'énergie électrique (réseau électrique d'une ville par exemple). Dès que la rotation de l'induit de la magnéto ou de la dynamo cesse, il n'y a plus de variation de flux, donc plus de courant.

DÉCALAGE DES BALAIS. — Pratiquement, le courant induit créant un champ magnétique personnel qui déforme les faisceaux du champ magnétique de l'inducteur, la ligne neutre ne se trouve pas exactement en BD, et les balais doivent être décalés légèrement *dans le sens de la rotation.*

Induits cylindriques. — Les machines désormais classiques ont un enduit cylindrique au lieu d'être en anneau. Il est formé de tôles empilées, afin que ce « feuilletage » diminue l'importance des courants parasites prenant naissance dans l'épaisseur du fer.

Les spires sont extérieures au cylindre, l'enroulement forme des cadres successifs dont les grands côtés se trouvent le long du cylindre et les petits côtés forment à peu près des « diamètres » aux deux extrémités du cylindre. Il s'agit donc de spires rectangulaires tournant autour de leur axe. Le flux varie selon que la spire est présentée par l'induit perpendiculairement aux lignes de force, au passage sur la ligne neutre (*flux max.*) ou présentée à plat sur la ligne d'axe des pôles, (*flux min.*) avec toutes les positions intermédiaires au cours de la rotation.

MACHINES MULTIPOLAIRES. — On peut placer deux inducteurs et les quatre pôles en croix sont alors alternés, Nord, Sud, Nord, Sud; il y a par suite deux lignes neutres et quatre balais; les deux pôles positifs sont réunis ensemble, les deux pôles négatifs de même. On a ainsi une machine qui rencontre les mêmes variations de flux que si elle tournait deux fois plus vite (un tour réalise autant de variations que deux tours d'une machine bipolaire).

113. — Collecteurs et balais. — Il faut veiller à ce que le cylindre formé par les lames du collecteur soit très lisse et que le frottement des balais soit très franc, afin qu'il y ait tres peu d'étincelles sous les balais. Sinon, des crachements, sources de parasites violents dans les postes radio, se produisent et l'usure des balais est rapide.

114. — Force électro-motrice en volts d'une magnéto ou dynamo. — 1° *Elle est d'autant plus élevée que le nombre de tours à la seconde est grand, elle est proportionnelle à la vitesse de rotation.*

2° *Elle est d'autant plus élevée que le nombre de spires enroulées sur l'induit est grand.*

3° *Elle est d'autant plus élevée que le flux développé par l'aimant* (magnéto) *ou l'électro-aimant inducteur* (dynamo) *est plus grand.*

On la calcule simplement, pour une machine à deux pôles, par la formule suivante, où :

E est la f.é.m. en volts à calculer;
N le nombre de tours à la seconde;
n le nombre de spires de l'induit;
Φ la grandeur du flux en maxwells;

dans ces conditions on a :

$$E_{(volts)} = \frac{N \times n \times \Phi}{10^8}$$

On sait que 10^8 signifie 1 suivi de 8 zéros, soit 100.000.000.

115. — Inducteur. — C'est l'aimant chargé de créer le flux magnétique. Trois solutions sont possibles.

1° *L'inducteur est un aimant permanent;* cette solution n'est employée que pour les petites machines; c'est le cas des *magnétos;*

2° *L'inducteur est un électro-aimant,* et le courant, pour les bobines de cet électro-aimant, est fourni par une autre dynamo appelée *excitatrice;*

3° *L'inducteur est aussi un électro-aimant,* mais le courant des bobines est fourni par la dynamo elle-même qui est donc *auto-excitatrice.*

Selon le branchement de l'inducteur, afin qu'il utilise tout ou partie du courant développé dans l'induit, l'excitation sera *série, shunt* ou *compound.*

Nous dirons quelques mots de chacune de ces solutions.

116. — Générateurs à entraînement mécanique. — Les « machines à mains » ou à pédalier sont des générateurs où deux induits placés sur le même axe fournissent les deux tensions très différentes demandées par un poste émetteur-récepteur de radio.

Nous verrons en technologie au paragraphe 323 que ces générateurs à entraînement mécanique par manivelle ou pédalier font place, sur les véhicules comportant des batteries d'accus, à des « convertisseurs » où l'un des deux induits est un induit basse tension « moteur », 6, 12 ou 24 volts, branché sur l'accu, et l'autre un induit haute tension « générateur » (250, 350 ou 500 volts).

ENTRETIEN ET VÉRIFICATION D'UN GÉNÉRATEUR OU CONVERTISSEUR, GRAISSAGE. — L'entretien consiste essentiellement dans le graissage périodique des paliers portant l'axe de rotation et du train d'engrenages. On évitera l'abondance de graisse afin qu'elle ne s'infiltre pas vers les induits en encrassant au passage les balais.

ENCRASSEMENT. — Les balais et le collecteur seront tenus très propres. En cas d'encrassement, nettoyer les balais et passer une feuille de papier de verre très fin (00) sur les collecteurs pendant que l'on fait tourner.

VÉRIFICATION. — Si une machine à main ne semble pas « donner », vérifier à l'aide d'un petit appareil de mesure quelconque (voltmètre ou milliampèremètre) et d'une pile, que les induits ne sont pas coupés. S'ils sont coupés, l'appareil de mesure ne dévie pas lorsqu'on le branche avec la pile, selon le schéma indiqué en fig. 72. Le pôle + de l'appareil de mesures doit être du côté du pôle + de la pile. Cette opération doit se faire le circuit extérieur vers le poste étant débranché et la machine étant arrêtée.

Lorsqu'un induit est coupé, un retour au constructeur pour réparation est nécessaire.

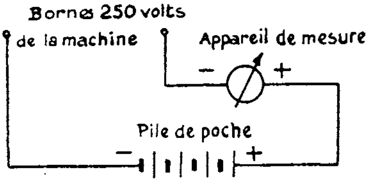


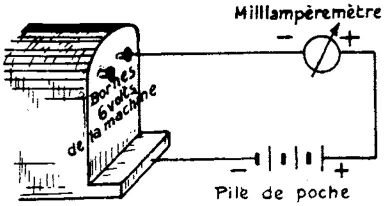
FIG. 72

Vérification de l'induit 250 volts d'une génératrice à l'aide d'une pile et d'un voltmètre ou d'un milliampèremètre.

Si les induits sont en bon état, vérifier le contact des balais, le serrage des fils de branchement, et s'il n'y a pas encrassement du collecteur, ou usure. Si le mica dépasse entre les lames du collecteur, le détalonner délicatement.

FIG. 73

Vérification d'isolement de l'induit 6 volts d'une génératrice; le milliampèremètre ne doit pas dévier.



Si la panne n'est pas résolue, il y aura lieu de vérifier l'isolement entre un pôle de chaque induit et la carcasse de la machine. Pour cela, on réalise le dispositif de la figure 73, mais cette fois le milliampèremètre ne doit pas dévier. Si un défaut d'isolement était ainsi reconnu, les fils de branchement étant bien éloignés de la carcasse à leur départ, il est bon de vérifier si la machine n'a pas été atteinte par l'humidité. Un séchage complet est alors nécessaire; au bout d'un certain temps de marche, une machine un peu humide au début peut s'assécher par la chaleur dégagée et retrouver ainsi son voltage normal.

Si l'humidité n'est pas à soupçonner, un défaut d'isolement impose le renvoi au constructeur pour réparation.

117. — Dynamo excitation série. — Dans ces machines dynamos, l'enroulement de l'inducteur est placé en série avec l'induit, et par conséquent avec le circuit extérieur d'utilisation (fig. 74).

L'inducteur sera donc peu résistant, donc bobiné en fil de forte section, et sera court; le nombre d'ampères-tours sera quand même obtenu vu le grand nombre d'ampères puisque tout le courant produit traverse l'inducteur.

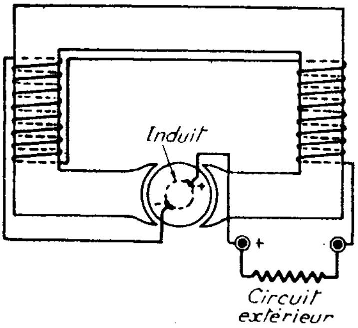


FIG. 74

Dynamo à excitation série (schéma de principe).
Un rhéostat de réglage peut être placé en parallèle sur l'inducteur, le court-circuitant plus ou moins pour modifier le champ magnétique.

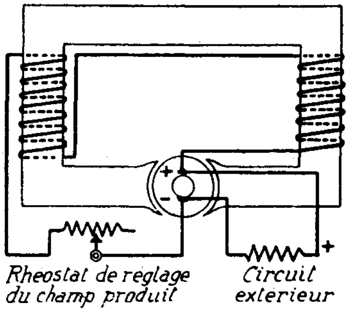


FIG. 75

Dynamo à excitation shunt (schéma de principe). Le rhéostat de réglage, en série avec l'inducteur, agit sur le champ magnétique de la dynamo.

REMARQUES : *La dynamo-série ne fonctionne pas si le circuit d'utilisation est ouvert.* En effet, il n'y a pas de courant dans les inducteurs.

La dynamo-série ne fonctionne pas si le circuit d'utilisation est trop résistant. En effet, le courant dans l'inducteur est trop faible pour produire un champ suffisant.

La dynamo-série ne doit jamais être utilisée pour charger une batterie d'accus. En effet, si la machine ralentit, le voltage risque de devenir inférieur à celui de la batterie, et celle-ci se décharge en faisant tourner la dynamo en sens inverse comme moteur, ce qui peut être grave.

118. — Dynamo excitation shunt. — L'enroulement de l'inducteur est placé en parallèle (en dérivation) sur le circuit d'utilisation. De chaque balai part donc à la fois le fil du circuit extérieur et une des extrémités de l'inducteur.

L'inducteur sera donc très résistant et comportera un très grand nombre de tours de fil de faible section; le nombre d'ampères-tours nécessaire est donc obtenu par le nombre de tours, le courant étant faible, afin que le courant dans le circuit extérieur d'utilisation reste élevé.

REMARQUES : *La dynamo-shunt entre en fonctionnement dès sa rotation, même si le circuit extérieur est ouvert.* En effet, le courant induit produit grâce au magnétisme restant dans l'électro traverse immédiatement l'inducteur et crée aussitôt le champ nécessaire.

Un court-circuit provoque simplement l'arrêt de la dynamo. Aucun courant n'est plus produit puisque l'inducteur est, lui aussi, en court-circuit : il n'y a plus de champ.

On règle facilement la tension produite en plaçant une résistance réglable (rhéostat) en série avec l'inducteur. Lorsque l'on rend la résistance de réglage plus petite, le courant dans l'inducteur augmente, le champ augmente, donc la f.é.m. en volts augmente.

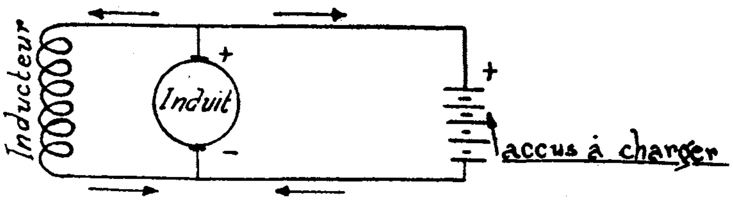


FIG. 76

Charge d'accus par une dynamo-shunt. Même si les accus envoient un courant de décharge, le sens du courant dans l'inducteur ne change pas, alors qu'avec une dynamo-série, il s'inverserait.

La dynamo-shunt est tout à fait recommandée pour la charge des batteries d'accumulateurs. En effet, si le voltage faiblit parce que la machine ralentit, le courant de décharge des accus ne changera rien au sens du courant dans l'inducteur (le pôle + reste du même côté) la dynamo continue à tourner dans le même sens et à fournir un courant s'opposant à la décharge. Dès que l'on aura réglé le rhéostat de l'inducteur pour augmenter la f.é.m., la charge reprendra (fig. 76).

La dynamo-shunt est la plus employée pour les installations électriques en courant continu.

119. — Dynamo excitation compound. — L'inducteur comporte deux enroulements, l'un placé en série avec les circuits d'utilisation, l'autre placé en parallèle.

L'enroulement série est en gros fil, l'enroulement shunt est en fil fin et à nombreux tours.

REMARQUES : *La dynamo-compound possède un peu les propriétés de chacune des dynamos série et shunt.* On donne généralement plus d'importance à l'enroulement shunt pour qu'il l'emporte sur l'inducteur série.

La dynamo-compound est peu employée; elle risque d'être trop dynamo-série pour être employée à la charge des accus; son seul avantage est de maintenir automatiquement le voltage produit lorsque le courant extérieur demandé varie, mais dans certaines limites seulement.

120. — Rendement d'une dynamo. — La dynamo est un

générateur à rendement élevé, souvent 95 %. C'est-à-dire que 95 % de l'énergie mécanique fournie est transformée en énergie électrique.

La puissance d'une dynamo s'obtiendra en multipliant I, intensité en ampères du courant qui lui est demandé par le circuit extérieur, par U, nombre de volts qui à ce moment-là existe entre les bornes. Le résultat est obtenu en watts.

Il faut demander à une dynamo une puissance voisine de celle pour laquelle elle a été construite, sinon le rendement devient mauvais; de plus, si la puissance demandée dépasse celle prévue, l'intensité trop grande risque de détériorer l'induit.

ONZIÈME LEÇON

RÉCEPTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

1° RÉCEPTEURS MÉCANIQUES : LES MOTEURS

Les moteurs reçoivent l'énergie électrique et la transforment en énergie mécanique : rotation.

Les moteurs électriques sur courant continu sont des *dynamos inversées*. Ils se composent exactement des mêmes éléments : inducteur, induit, collecteur, balais. Mais on *envoie* un courant électrique dans l'induit par l'intermédiaire des balais (donc on applique une différence de potentiel entre les balais) et l'induit se met à tourner dans le champ de l'inducteur.

121. — Principe de fonctionnement. — Les lois de l'électromagnétisme relatives à l'action exercée sur les conducteurs parcourus

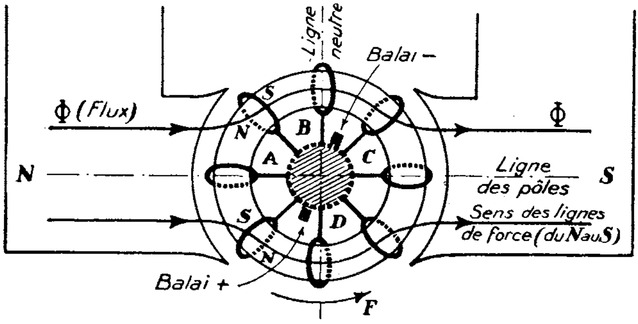


Fig. 77
Etude de la rotation d'un induit lorsque les spires sont parcourues par le courant envoyé aux balais.

par un courant et placés dans un champ magnétique seront applicables (voir paragraphe 98).

La figure 77 servira de base à notre étude du fonctionnement.

Nous représentons quelques spires seulement sur l'induit. Lorsqu'on applique une tension entre les balais + et —, le courant parcourt les spires de l'induit en se divisant en deux parties, il va du balai + au balai — en passant à la fois par les spires à gauche de la ligne neutre et par les spires à droite de la ligne neutre.

La règle du bonhomme d'Ampère (paragraphe 83) appliquée aux

spires placées à gauche de la ligne neutre, nous indique leur face nord et leur face sud.

Ces spires vont donc tendre à se déplacer dans le sens indiqué par la flèche F, afin que le flux entrant par leur face sud augmente selon la règle de Maxwell (paragraphe 98).

Le même raisonnement appliqué aux spires placées à droite de la ligne neutre où le courant est en sens inverse indiquerait le même sens de rotation.

Les spires étant solidaires de l'induit, celui-ci tournera dans le sens de la flèche F (fig. 77).

On remarque que les pôles Nord des spires semblent être attirés par le pôle Sud de l'inducteur, et réciproquement, ce qui est conforme à la règle d'attraction des aimants (voir paragraphe 74).

122. — Sens de rotation du moteur. — *Pour un même sens de flux* (même position des pôles N et S de l'inducteur) *le sens de rotation est l'inverse de celui qu'il faudrait donner à la machine pour qu'elle devienne dynamo,* le courant dans l'induit étant du même sens.

Si l'on inverse le sens du courant soit dans l'induit (en changeant le branchement des balais) *soit dans l'inducteur, le sens de rotation change.*

Si l'on inverse le courant à la fois dans l'induit et dans l'inducteur, le sens de rotation reste le même.

L'inducteur, toujours un électro-aimant, peut comme dans la dynamo être excité soit en série, soit en shunt, soit en compound (mixte).

123. — Moteur à excitation série. — L'enroulement de l'inducteur est en série avec l'induit.

Il est donc peu résistant, bobiné avec peu de tours d'un fil de grosse section.

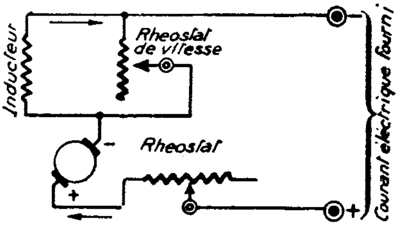


FIG. 78

Branchement et réglages d'un moteur-série.
Le rhéostat en bas de la figure est le rhéostat de démarrage.

REMARQUES : 1° *Le sens de rotation est toujours le même.* En effet, les deux enroulements étant en série, si l'on change le sens du courant, il change dans les deux, d'où sens de rotation inchangé. Pour

obtenir un sens contraire, il faudrait, par un inverseur spécial, inverser le branchement de l'inducteur aux bornes de l'induit.

2° *La vitesse est grande au démarrage, et elle s'accroît si la charge à entraîner diminue* (le moteur s'emballe).

3° *Pour régler la vitesse, une résistance réglable (rhéostat) est placée en parallèle sur l'inducteur,* et, en dosant le courant passant par l'inducteur, modifie ainsi le champ magnétique.

4° *Une résistance réglable, dite rhéostat de démarrage est nécessaire pour réduire le courant admis lors du démarrage du moteur.* On l'élimine au fur et à mesure que le moteur prend sa vitesse.

La figure 78 indique tous ces branchements spéciaux au moteur-série.

Le moteur-série est peu utilisé, à cause de sa vitesse irrégulière, Il sert surtout à la traction, pour le démarrage des véhicules (tramways).

124. — Moteur à excitation shunt. — L'enroulement de l'inducteur est placé en parallèle (en shunt) sur l'enroulement de l'induit, donc aux bornes mêmes du circuit qui fournit l'énergie électrique.

Il est donc très résistant, bobiné avec de nombreux tours d'un fil fin.

REMARQUES : 1° *Le sens de rotation est toujours le même, quel que soit le sens du courant qui alimente le moteur. Ce sens de rotation est le même que celui de la machine utilisée en dynamo.* Cette dernière particularité fait que la dynamo-shunt peut être employée sans ennuis pour charger des accus, car si les accus se déchargent, le sens de rotation comme moteur reste le même.

2° *Les balais doivent être placés en arrière de la ligne neutre par rapport au sens de rotation.*

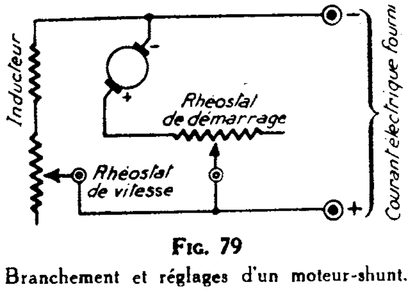


FIG. 79

Branchement et réglages d'un moteur-shunt.

3° *La vitesse est sensiblement constante, quelle que soit la charge à entraîner.* C'est la grande qualité du moteur-shunt, et c'est grâce à cela qu'il est employé partout dans l'industrie.

4° *Pour régler la vitesse, une résistance réglable* (rhéostat) *est à placer en série avec l'inducteur.* Elle diminue en effet le courant qui

est dérivé dans l'inducteur et permet ainsi le réglage du champ magnétique créé.

5° *Une résistance réglable dit rhéostat de démarrage, placée en série avec l'induit, est utile pour réduire le courant admis lors du démarrage du moteur,* tout comme pour le moteur-série. On l'élimine au fur et à mesure que le moteur prend sa vitesse.

La figure 79 résume tous les branchements et les organes de réglage des moteurs-shunt.

Les moteurs-shunt, à cause de leur vitesse régulière, sont les plus employés.

125. — Moteur à excitation compound (mixte). — Ces moteurs ont deux enroulements sur l'inducteur; l'un monté en série, l'autre monté en shunt avec l'induit.

Ils ne sont guère utilisés que pour la traction (tramways électriques) l'inducteur-série permettant, comme dans les moteurs-série, d'obtenir un grand effort au démarrage.

126. — Force contre-électromotrice des moteurs. — Par sa rotation, un moteur développe une force électromotrice inverse (force contre-électromotrice) qui s'oppose à la différence de potentiel fournie.

En conséquence, la différence de potentiel à fournir à un moteur ne sera pas seulement égale à la chute de tension provoquée par la résistance interne de ce moteur, mais elle devra être augmentée de la valeur de la force contre-électromotrice du moteur.

$$U_{(\text{volts})} = e_{(\text{volts})} + (r_{(\text{ohms})} \times I_{(\text{ampères})})$$

U est la différence de potentiel à appliquer aux bornes du moteur,

r est la résistance des enroulements du moteur,

I est le courant qui traversera ces enroulements en provoquant une chute de tension $r \times I$,

e est la force contre-électromotrice.

La force contre-électromotrice se calcule, en connaissant le nombre de tours par seconde *n*, le nombre de spires de l'induit N, et la valeur du flux magnétique en maxwells :

$$e_{(\text{volts})} = \frac{n \times N \times \Phi}{10^8}$$

Elle est donc égale à la force électromotrice que produirait le moteur s'il était utilisé comme dynamo.

127. — Vitesse d'un moteur. — Des formules précédentes, nous pouvons déduire la vitesse d'un moteur; lorsque l'on connaît :

U : le nombre de volts que l'on applique à ses bornes,
r : la résistance intérieure du moteur en ohms,
I : le courant qui traverse le moteur, en ampères,
Φ : le flux en maxwells développé par l'inducteur,
N : le nombre de spires de l'induit,

nous pourrons calculer le nombre de tours par seconde n, donc la vitesse :

$$n = \frac{(U - r \times I) \times 10^8}{N \times \Phi}$$

nous rappelons que $10^8 = 100.000.000$.

Il est à retenir que, plus le champ magnétique est grand (Φ) plus la vitesse est faible (à condition que les autres valeurs ne changent pas).

***Nous rappelons que les magnétos, dynamos et moteurs qui ont été étudiés dans les leçons précédentes sont des appareils prévus pour* courant continu.**

Les générateurs et moteurs sur **courant alternatif** seront considérés après l'étude des courants alternatifs.

2° RÉCEPTEURS THERMIQUES : ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE

Les récepteurs thermiques, par définition, transforment l'énergie électrique en *énergie thermique* (chaleur). Toutefois, cette énergie thermique pourra, soit être désirée pour elle-même (appareils de chauffage électrique), soit servir à obtenir une autre forme d'énergie : *énergie lumineuse* (lampes d'éclairage électriques). Ces deux branches importantes de l'électricité pratique : éclairage et chauffage, vont être étudiées rapidement, leur intérêt pour l'opérateur radio n'étant pas immédiat; toutefois, quelques conclusions spécialement utiles à la pratique radio peuvent en être tirées.

128. — Eclairage électrique par lampes à incandescence. — C'est le mode d'éclairage le plus répandu à notre époque. L'énergie électrique est transformée entièrement en énergie thermique : le courant traverse un conducteur fin en métal résistant; ce conducteur sera le *filament* de la lampe à incandescence.

La loi de Joule nous apprend que :

$$W_{(watts)} = R_{(ohms)} \times I \times I_{(ampères)}$$

Or, un watt = 0,24 calorie en une seconde;

La quantité de chaleur dégagée en une seconde est donc égale à :

$$R \times I^2 \times 0{,}24$$

Cette énergie thermique échauffe le filament à un point tel qu'il est

porté à l'incandescence; mais le filament ne doit pas être combustible à cette température, c'est pourquoi on l'enferme dans une ampoule de verre dans laquelle soit on a fait le vide, soit on a laissé un gaz comme

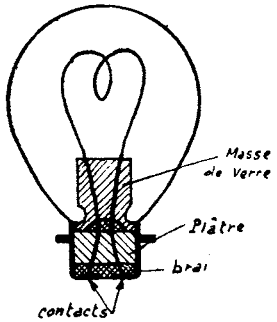


FIG. 80

Représentation simplifiée d'une lampe à incandescence (filament de carbone).

l'azote, l'argon, le krypton qui n'entretiennent pas la combustion. L'oxygène, au contraire, est absent.

Le filament porté à l'incandescence émet donc des radiations lumineuses (voir structure d'une lampe en fig. 80).

129. — Rendement lumineux d'une lampe à incandescence. — Le flux lumineux émis par une lampe électrique dépend de la puissance électrique consommée; il dépend également de la température à laquelle a été porté le filament.

Pour obtenir des températures très élevées qui permettent d'obtenir un flux lumineux plus grand pour une même puissance consommée, on a été conduit à modifier :

1° LA STRUCTURE DES FILAMENTS. — Le filament de carbone utilisé autrefois se volatilise à 600°; la lampe à filament de carbone a donc un faible rendement lumineux.

Le filament métallique, notamment le filament en tungstène, peut être porté jusqu'à 2.000 degrés; le rendement lumineux est bien meilleur.

La résistance du tungstène étant moins élevée que celle du carbone, il faut un filament très mince (2 à 5/100 de mm) et long (jusqu'à 60 cm placés en zigzag ou enroulés en boudin serré).

2° L'ATMOSPHÈRE DE LA LAMPE. — La lampe à vide n'autorise pas une température très élevée du filament qui se volatiliserait. Le rendement de cette lampe est tel qu'un watt environ est consommé par bougie (unité d'intensité lumineuse).

Mais si l'atmosphère est d'azote ou d'argon, on peut obtenir une température plus élevée. Le rendement lumineux est tel que 0,5 watt environ est consommé par bougie, ce sont ces lampes dites *demi-watt*,

plus économiques. Si l'atmosphère de l'ampoule est de krypton, gaz rare, on arrive à ne plus consommer que 0,4 watt par bougie.

130. — Emploi de lampes à incandescence comme résistances. — Il y a là un intérêt pratique certain; pour la charge des accumulateurs par exemple, des lampes d'éclairage montées en série peuvent former la résistance souhaitée pour obtenir la chute de tension nécessaire.

Le calcul de la résistance électrique d'une lampe est simple. On connaît toujours les indications suivantes, inscrites sur le culot de la lampe :

1° La puissance en watts consommée par la lampe;

2° La tension en volts sur laquelle elle doit être utilisée.

On calculera

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{P_{(\text{watts})}}{U_{(\text{volts})}}$$

puis :

$$R_{(\text{ohms})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{I_{(\text{ampères})}}$$

Les lampes à filament de carbone doivent seules être employées pour faire office de résistances, car leur résistance ne varie pas trop avec la température, et la valeur de l'intensité qui les traversera ne modifiera donc pas sensiblement la valeur de la résistance.

EXEMPLE : soit une lampe à filament de carbone de 25 watts pour service sur tension de 110 volts.

$$I = \frac{25}{110} = 0{,}227 \text{ ampère}$$

$$R = \frac{110}{0{,}227} = 484 \text{ ohms}$$

131. — Emploi des lampes à incandescence pour l'éclairage. — Les lampes à filament de carbone sont très peu employées; elles consomment jusqu'à 3 et 5 watts par bougie.

Les lampes à filament métallique sont réalisées en toutes puissances: depuis 5-10 watts (lampes veilleuses) jusqu'à 1.000 et 2.000 watts (lampes d'éclairage public, lampes pour projecteurs). La puissance des lampes d'éclairage domestique varie entre 32 et 60 watts.

Le *culot* normal pour le branchement est le culot dit *à baïonnette,* pour lequel deux butées à ressort placées dans la douille de branchement viennent prendre contact sur les deux plots du culot.

Le culot Edison est un culot à vis, l'armature extérieure de la vis formant l'un des pôles, l'autre étant réuni à un plot central (fig. 81). On l'appelle également culot à vis. Il est employé, d'une part pour les lampes à très grande puissance, d'autre part pour les petites ampoules de lampe de poche.

132. — Eclairage électrique par arc. — Il est de moins en moins employé, vu sa complexité. Il équipe surtout les lampes de projection de cinéma et projecteurs de prises de vues (« sunlights »).

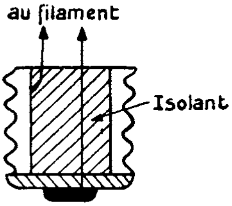


Fig. 81
Principe du culot d'Edison

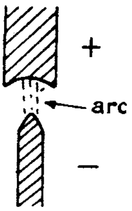


Fig. 82
Principe de l'arc électrique.

La lampe à arc comprend deux parties :

1° *Un ensemble de deux crayons de charbon* (charbon de cornue) placés les pointes l'une en face de l'autre et entre lesquels on applique une tension de 40 à 60 volts.

2° *Un système régulateur*, qui, les charbons étant en contact à l'allumage, les sépare ensuite d'une distance de quelques millimètres, puis maintient cette distance constante malgré l'usure des charbons.

Dès que les charbons sont séparés, une étincelle jaillit entre les pointes : l'arc électrique. Le charbon positif s'use deux fois plus vite que le négatif, et il se creuse. C'est cette partie creuse ou *cratère*, qui est éclairée la plus violemment par l'arc, aussi on la place au-dessus (fig. 82).

Le système régulateur qui a un rôle mécanique assez compliqué est souvent obtenu grâce à des électro-aimants commandés par le courant alimentant les charbons. L'usure des charbons, la complication du système régulateur, la température énorme de l'arc (3.000°) ont fait abandonner ce mode d'éclairage maintenant réservé aux emplois spéciaux que nous avons cités (projecteurs).

133. — Chauffage électrique par résistance. — Il est basé sur le principe de l'échauffement d'un conducteur résistant, comme l'éclairage électrique, mais l'élément chauffant est un fil de métal rare, ou d'un alliage, de forte résistivité; l'intensité élevée qui le traverse le porte au rouge seulement.

Il n'est donc pas dans le vide, mais dans l'air; on le bobine sur des supports en matière réfractaire capables de supporter la chaleur (porcelaine, stéatite et plaques d'amiante).

La formule :

$$W_{(watts)} = R_{(ohms)} \times I^2_{(ampères)}$$

s'applique ici encore, et en t secondes, l'énergie rayonnée en joules est de :

$$T_{(\text{joules})} = R_{(\text{ohms})} \times I^2_{(\text{ampères})} \times t_{(\text{secondes})}$$

Comme 1 joule = 0,24 calorie, la quantité de chaleur rayonnée se calcule aisément.

Les éléments chauffants de fer à souder électriques pour monteurs radio, ceux des *fers à repasser*, ceux des *radiateurs de chauffage électrique* sont tous établis sur ce principe.

134. — Chauffage électrique par arc. — L'arc électrique pouvant atteindre une température de 3.000 degrés, des fours spéciaux chauffés à l'arc permettent d'obtenir des combinaisons chimiques impossibles en dessous de cette température. C'est une application industrielle importante.

De même, l'arc électrique est aussi utilisé pour souder des pièces métalliques.

DOUZIÈME LEÇON

NOTION SIMPLE DE LA TRIGONOMÉTRIE ET ÉTUDE DES FONCTIONS PÉRIODIQUES

La trigonométrie est l'étude de la valeur d'un angle par la grandeur des lignes qu'il peut déterminer à l'intérieur d'un cercle ayant pour centre son sommet.

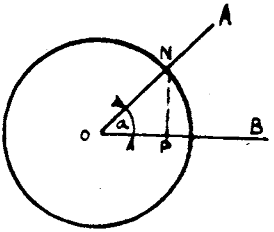


FIG. 83
Détermination de la valeur du sinus NP d'un angle AOB.

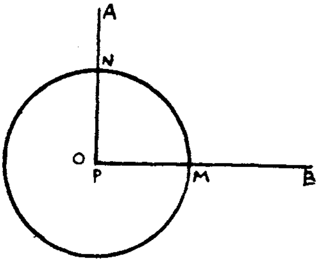


FIG. 84
Le sinus d'un angle de 90° est égal au rayon, donc égal à 1.

Ainsi, dans la figure 83, la grandeur de la perpendiculaire NP abaissée du point d'intersection d'un côté de l'angle sur l'autre côté, dépend, non seulement du diamètre du cercle, mais aussi de l'ouverture de l'angle, donc de la valeur de l'angle. De même la grandeur OP. Ces lignes qui peuvent indiquer la valeur d'un angle s'appellent les *lignes trigonométriques* de cet angle. Nous n'avons pas à étudier ici toutes ces notions, et nous allons seulement considérer une notion simple de trigonométrie et son application pratique, qui permet d'étudier tous les phénomènes se rattachant aux courants alternatifs, en électricité, et à la radioélectricité.

135. — Sinus d'un angle et variation du sinus lorsque l'angle varie. — Soit un cercle de centre O; un angle AOB de valeur *a* (45 degrés par exemple) coupe la circonférence entre N et M (fig. 83).

Du point N, abaissons une perpendiculaire NP sur le côté OB. *On appelle sinus de l'angle* a *la longueur NP.* On prend pour unité le rayon du cercle. NP est donc mesuré par rapport à OM. Par suite, quel que soit le rayon du cercle tracé, la valeur de NP sera fixe, et ne dépendra que de l'ouverture de l'angle.

En effet, supposons l'angle *a* (AOB) de 90° (fig. 84). La perpendiculaire NP vient se confondre avec le rayon ON du cercle. Puisque ce rayon est l'unité choisie :

$$ON = 1, \text{ et } NP = 1.$$

D'où *le sinus d'un angle de* 90° *est* 1

Si, au contraire, l'angle AOB est égal à zéro, c'est que le côté OA coïncide avec le côté OB. La perpendiculaire NP est alors réduite à un point (fig. 85).

D'où *le sinus d'un angle de* 0° *est* 0.

Il est facile de conclure que, pour les angles dont la valeur est comprise entre 0 et 90 degrés, la valeur du sinus est comprise entre 0 et 1.

Soit un angle de 45°, comme celui de la figure 83. Le rayon étant dit égal à 1, on peut calculer NP. On trouve pour valeur, qui est la valeur du sinus de l'angle :

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{et comme } \sqrt{2} = 1{,}414, \text{ on a } NP = 0{,}707$$

Donc :

le sinus d'un angle de 45° *est* 0,707

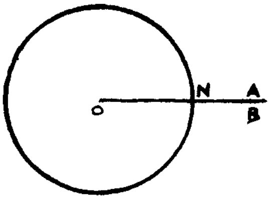


FIG. 85

Le sinus d'un angle de 0° est égal à zéro (NP n'est plus qu'un point).

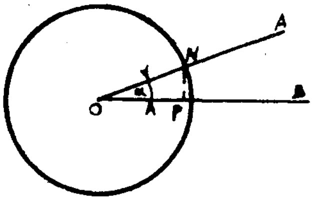


FIG. 86

Le sinus d'un angle de 30° est égal à la moitié du rayon, donc à $\frac{1}{2}$ = 0,5.

Calculons la valeur du sinus pour un angle plus petit. Pour un angle de 30°, le triangle rectangle NOP formé (fig. 86), est tel que NP est égal à la moitié de ON. Comme le rayon est choisi comme unité,

$$\text{on a } NP = \frac{1}{2} = 0{,}5$$

D'ou *le sinus d'un angle de* 30° *est* 0,5

Nous pouvons assurer que *lorsqu'un angle varie entre* 0 *et* 90 *degrés, la valeur du sinus varie progressivement de* 0 *à* 1.

136. — Fonction du temps. — On appelle fonction une grandeur quelconque dont la valeur varie d'après une autre grandeur

prise pour base. Ainsi : la surface d'un carré est fonction de son côté. Ou encore : le travail fait par un ouvrier est fonction du temps de travail.

Une grandeur variable avec le temps sera une fonction du temps. Ainsi, la distance parcourue par un véhicule, ainsi la quantité d'eau débitée par un fleuve.

137. — Fonction sinusoïdale. — Nous avons envisagé au paragraphe 135 la variation du sinus lorsque l'angle varie de 0 à 90 degrés; la valeur du sinus varie de 0 à 1.

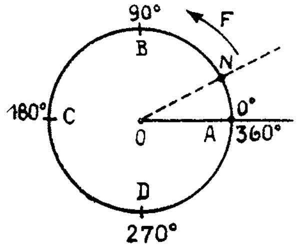


Fig. 87

Déplacement du point N le long de la circonférence et par suite variation de l'angle NOA de 0 à 360°.

Nous allons poursuivre cette étude en faisant varier l'angle de 0 à 360°. Soit la circonférence de centre O (fig. 87), sur laquelle un

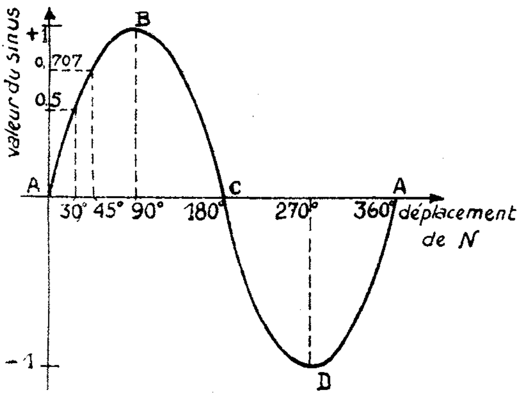


Fig. 88

Courbe représentant la variation du sinus au cours de la rotation du point N (fig. 87). C'est une fonction sinusoïdale.

point N mobile se déplace régulièrement, le sens de rotation étant indiqué par la flèche F. Si l'on prend pour point de départ le rayon

OA, l'angle NOA, qui était au départ de 0° augmentera progressivement jusqu'à 90°.

Sur un graphique (fig. 88) portons horizontalement les valeurs de l'angle de déplacement du point N, et verticalement les valeurs du sinus. La courbe AB représente la variation de cette valeur du sinus *en fonction* de l'angle. Le sinus a varié de 0 à 1 comme nous l'avions établi.

Continuons la rotation de N. Au delà de 90°, le sinus, qui est toujours la perpendiculaire abaissée de N sur OA, ou son prolongement commence à décroître régulièrement pour arriver à zéro, lorsque N sera sur le prolongement de OA (angle de 180°) ; la courbe BC traduit cette variation décroissante de 1 à 0, exactement symétrique à la variation croissante AB.

Lorsque N, continuant sa rotation régulière, va de C vers D, l'angle devenant compris entre 180 et 270°, la perpendiculaire abaissée de N sur le prolongement de OA est située sous OA, sa valeur est donc *négative* par rapport aux valeurs précédentes, et l'on peut dire que le sinus varie de 0 à —1, soit selon la courbe CD.

De D vers A, pour terminer la circonférence, la variation du sinus va de —1 vers 0, ce qui traduit la courbe DA.

La courbe ABCDA de la figure 88, parfaitement régulière lorsque la rotation de N est régulière, représente donc la variation du sinus pour un tour de la circonférence. Si la rotation continue, le même phénomène régulier se reproduira, et la courbe de variation aura l'allure de la figure 89. Cette courbe régulière est une *fonction sinusoïdale*.

C'est une fonction du temps. En effet, sa forme dépend du temps qu'a mis N à faire le tour de la circonférence. Si, sur la droite

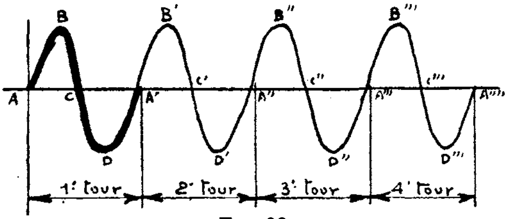


FIG. 89
Fonction sinusoïdale.

horizontale, on porte les valeurs du temps, au lieu de porter les valeurs du déplacement, les oscillations de la courbe seraient d'autant plus rapprochées et plus nombreuses que la vitesse de rotation de N serait grande.

138. — Fonction périodique du temps. — On appelle ainsi la fonction d'une variation parfaitement régulière : à *intervalles égaux de temps, appelés « périodes », la courbe se retrouve au*

même point; ainsi la fonction sinusoïdale des figures 88 et 89, qui est donc une fonction périodique du temps. Si la vitesse de N n'avait pas été régulière, ou si N n'avait pas suivi toujours exactement la même circonférence, la fonction ne serait plus périodique (variation irrégulière).

La figure 89 représente une fonction périodique; donc, AC = CA' = A'C' = C'A'', etc...

139. — Période. — La courbe correspondant à une variation complète ABCDA' (fig. 89) est appelé *période.* Une fonction périodique est donc une suite de périodes égales.

140. — Fréquence. — *On appelle fréquence le nombre de périodes pendant une seconde* (choisie comme unité de temps).

Il est donc clair que la fréquence, dans le cas des figures 87, 88 et 89 dépend uniquement de la vitesse de rotation de N autour de la circonférence.

141. — Alternances. — On a coutume d'appeler *alternance* chaque demi-période (courbe ABC) et *alternances positives* celles placées au-dessus de l'axe (valeurs positives du sinus fig. 88 et 89), et *alternances négatives* celles placées sous l'axe (valeurs négatives).

142. — Phase. — *Lorsque deux fonctions sinusoïdales de même période* (donc de même fréquence, puisque fréquence = nombre de périodes à la seconde) *ont leur origine, leur départ au même instant, on dit qu'elles sont en phase.*

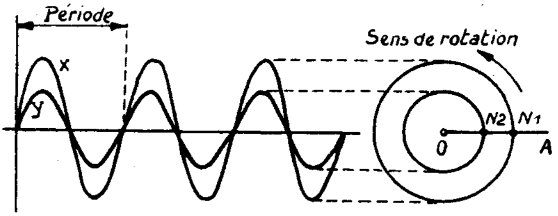


Fig. 90

Deux courbes sinusoïdales de même fréquence (période égale) qui sont en phase (x variation due à N_1, y variation due à N_2).

Ainsi, si dans la figure 90, la courbe x repsésente la variation pour un point N_1 et la courbe Y la variation pour un point N_2 placé sur une circonférence plus petite, les variations sont en phase parce que N_1 et N_2 sont partis ensemble et ont donc un même rayon d'origine OA (fig. 90).

143. — Avance et retard de phase. — *Lorsque deux fonctions sinusoïdales de même période ont leurs origines décalées l'une*

par rapport à l'autre, on dit que l'une est en avance de phase par rapport à l'autre ou inversement que l'autre est en retard de phase sur la première.

Dans la figure 91, la courbe x représente la variation pour le point N_1, et la courbe y représentant la variation pour le point N_2 n'a son

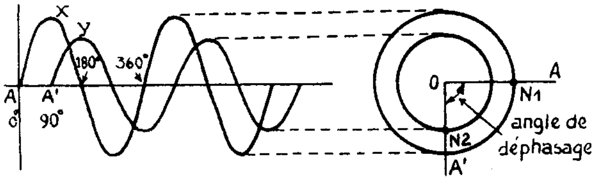


FIG. 91

Deux courbes sinusoïdales de même fréquence (période égale) déphasées : y est en « retard de phase » sur x.

origine qu'en A'. Cela est dû à ce que OA', rayon de départ de N_2 est décalé *en arrière* d'un certain angle par rapport à OA rayon de départ de N_1. Cet angle est appelé *angle de déphasage*. Dans la figure 91, l'angle de déphasage est de 90°.

N_1 et N_2 tournent à la même vitesse, puisque nous avons dit que les périodes étaient égales.

144. — Opposition de phase. — *Lorsque deux fonctions sinusoïdales de même période sont déphasées de* 180° (cas de la fig. 92), *on dit qu'elles sont en opposition de phase.*

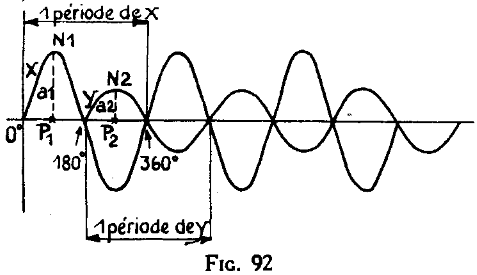


FIG. 92

Deux courbes sinusoïdales de même période en « opposition de phase » : y est déphasé de 180° par rapport à x, N_1 P_1 mesure l'amplitude maximum de x, comme N_2 P_2 celle de y.

145. — Amplitude maximum. — *C'est la valeur maximum atteinte dans chaque alternance (positivement ou négativement) par la grandeur variable.* Ainsi, l'amplitude maximum de la sinusoïde x de la figure 92 est mesurée par la longueur de N_1P_1, et l'amplitude maximum de la sinusoïde y est mesurée par la longueur N_2P_2. Les

courbes x et y qui ont même période se différencient donc, outre leur déphasage de 180° par une amplitude différente.

146. — Amplitude moyenne. — L'amplitude générale étant variable comme l'indique la sinusoïde, *on appelle amplitude moyenne la valeur moyenne de l'amplitude pendant une alternance.* On la calcule ainsi :

$$\text{valeur moyenne} = \frac{\text{valeur maxima} \times 2}{3{,}14}$$

Ceci est la valeur moyenne de l'amplitude pendant une alternance, mais l'amplitude moyenne, si l'on tient compte des deux alternances, est naturellement zéro.

Il est rare que l'on ait besoin de cette valeur.

147. — Amplitude efficace. — On appelle amplitude efficace de la grandeur variable sinusoïdalement une valeur inférieure à la valeur d'amplitude maximum et qui est égale à :

$$\text{valeur efficace} = \frac{\text{valeur maximum}}{1{,}414}$$

148. — Somme de deux grandeurs sinusoïdales de même période. — *Si les effets de deux grandeurs variables sinusoïdales de même période s'ajoutent, leur somme est elle-même une grandeur sinusoïdale de même période.*

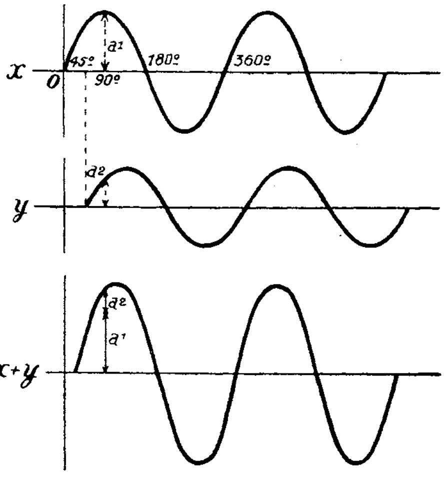


Fig. 93

Somme de deux fonctions sinusoïdales x et y de même période, mais déphasées. La somme est représentée par la sinusoïde $x+y$, telle que son amplitude AB à un endroit quelconque soit égale à a_1+a_2, mais en affectant a_1 ou a_2 du signe — pour les alternances négatives.

Les sinusoïdes x et y de la figure 93 ont bien même période, mais sont décalées de 45°. La sinusoïde $x + y$ qui représente leur somme est telle qu'à chaque instant son amplitude est égale à la somme des amplitudes de x et y à cet instant considéré; mais il faut tenir compte que les amplitudes des alternances négatives se retranchent. On obtient une sinusoïde dont la période est égale à la période de chacune des deux premières; il y a lieu de remarquer que son amplitude maximum est inférieure à la somme de leurs amplitudes maximum (le déphasage fait que les maxima n'ont pas lieu au même moment) et qu'elle est déphasée en avant par rapport à y et en arrière par rapport à x, faisant en quelque sorte la moyenne du déphasage qui existait entre x et y.

REMARQUE SUR CETTE ÉTUDE DES FONCTIONS SINUSOÏDALES

Les fonctions sinusoïdales que nous venons d'étudier, nous n'aurons jamais à les considérer pour elles-mêmes.

Mais nous allons étudier, à propos des courants alternatifs, puis à propos des oscillations des ondes, des phénomènes de grandeur variable, dont la variation pourra être assimilée à une variation sinusoïdale.

On peut dire que la variation sinusoïdale est la variation théorique parfaite; on s'est donc efforcé de donner aux phénomènes électriques variables une loi de variation se rapprochant le plus possible de la fonction sinusoïdale. Et les notions de période, d'alternance, de fréquence, d'amplitude maximum ou efficace, etc..., vont s'appliquer exactement aux phénomènes électriques ou radioélectriques considérés.

148 *bis* : Mesure des fréquences. — Une fréquence s'exprime par le nombre de périodes par seconde (paragr. 140). On a substitué l'appellation de cycle à celle de période, mais il ne faut pas omettre de préciser que ce nombre de cycles s'établit *en une seconde*.

La fréquence d'une période par seconde s'écrit donc : 1 c/s; on dit aussi un hertz : 1 Hz. La fréquence 1.000 périodes par seconde s'écrit : 1.000 c/s ou 1.000 Hz ou 1 kc/s (1 kilocycle par seconde) ou 1 kHz (un kilohertz).

La fréquence 1.000.000 de périodes par seconde s'écrit 1.000.000 Hz ou 1 Mc/s (un mégacycle par seconde) ou 1 MHz (un mégahertz).

TREIZIÈME LEÇON

LES COURANTS ALTERNATIFS

Nous avions étudié jusqu'ici en électricité des courants résultant d'une différence de potentiel constante (U volts) entre deux points d'un circuit, le courant s'établissant entre ces deux points étant constant et régulier, tant que le circuit reste fermé, et tant que la différence de potentiel est maintenue, entretenue par les soins d'un générateur.

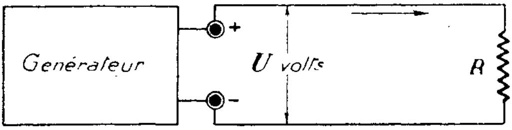


FIG. 94

La différence du potentiel U volts étant maintenue constante par le générateur, un courant de I ampère constant et régulier circule du + vers le —.

Dans le circuit schématisé par la figure 94, un courant régulier de I ampères tel que $I = \frac{U}{R}$, part du point de potentiel le plus élevé (+) vers le point de potentiel le moins élevé (—).

Le courant I est dit *courant continu.*

L'énergie électrique est maintenant de plus en plus utilisée sous forme de *courant alternatif.* Un tel courant peut se définir : courant de valeur et de sens continuellement variables, selon une variation bien déterminée et qui se rapproche fort de la fonction sinusoïdale.

149. — Courant alternatif. — Soit un générateur tel que, à intervalles de temps réguliers, les deux pôles (+ et —) se trouvent inversés : + devient — et — devient +. Que va-t-il se passer?

Soit un intervalle de temps T entre le moment où l'un des pôles est + et le moment où il le redeviendra. Nous allons considérer la valeur et le sens du courant qui va circuler dans le circuit à quatre moments : à zéro, puis lorsque le 1/4 du temps T s'est écoulé, puis à la moitié, puis au 3/4 de ce temps, puis au moment T où le phénomène doit recommencer, le pôle étant revenu à un potentiel semblable à celui qu'il avait au départ (fig. 95).

Lors de l'établissement du courant, celui-ci circule de + vers — avec une valeur *i* que nous indiquons sur le graphique (fig. 95).

La valeur de la différence de potentiel entre + et — décroît progressivement, donc le courant également.

Au moment $\frac{T}{4}$, les deux pôles sont au même potentiel et il n'y a plus de courant.

Puis c'est le pôle qui était négatif qui prend un potentiel plus élevé que l'ancien pôle +. Le courant renaît, mais en sens inverse

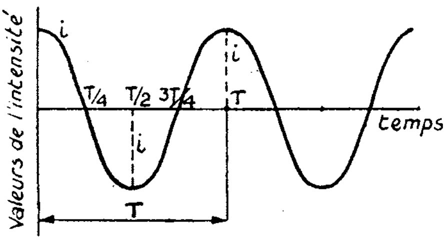


Fig. 95.

Etude de la variation d'un courant alternatif pendant le temps T qui sépare deux instants où un pôle donné a le même potentiel

pour croître jusqu'au moment $\frac{T}{2}$, où il atteint son maximum. A ce moment, la différence de potentiel est égale à celle de départ, le courant est donc égal à *i*, mais les pôles étant inversés, cette valeur *i* est portée négativement.

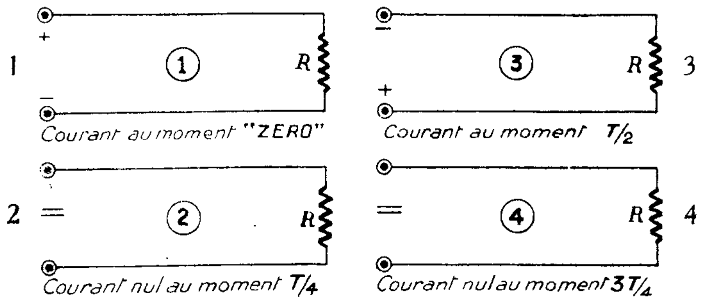


Fig. 96

Différence de potentiel et courant à quatre étapes successives de la période.

Après $\frac{T}{2}$, la différence de potentiel décroît à nouveau, le courant également; au moment 3/4 T, les pôles sont égaux en potentiel (courant nul) et enfin au moment T, le potentiel a repris sa valeur normale, le courant également, et les pôles + et — sont ceux établis à l'origine.

Le phénomène reprendra suivant le même cycle; cette variation continue peut facilement être obtenue suivant une courbe sinusoïdale ou à peu près. L'allure de la coube fig. 95 est nette : d'un maximum positif, le courant décroît vers zéro, va vers un maximum « négatif », puis décroît vers zéro, et croît à nouveau vers sa valeur positive première.

La figure 96 indique, aux différentes étapes du phénomène, les polarités qui sont la cause de cette variation régulière du courant. Ce courant est dit alternatif.

150. — Différence de potentiel alternative. — Nous aurions pu pareillement établir le graphique de la variation de la différence de potentiel aux bornes du circuit. La courbe obtenue avec les valeurs en volts, positives, puis négatives par rapport à un sens de branchement pris pour base, serait identique.

Un courant alternatif prend naissance dans un circuit lorsqu'une différence de potentiel alternative est appliquée entre les extrémités du circuit.

Et, réciproquement :

Un courant alternatif traversant un circuit crée entre les extrémités de ce circuit une chute de tension alternative.

151. — Période du courant alternatif. — *La période est égale à l'intervalle de temps séparant deux valeurs égales (en grandeur et en signe)* du courant; elle est exactement semblable à la période d'une fonction sinusoïdale qui est égale au temps nécessaire pour une rotation complète du point déterminant la variation du sinus (voir paragraphe 139).

Il est à remarquer qu'une tension alternative, et par conséquent un courant alternatif, seront fournis par des générateurs-dynamos appelés alternateurs et que, en principe, une rotation complète de l'induit entraînera une variation complète, donc une période; dans les alternateurs à deux pôles, le nombre de périodes par seconde (fréquence) est donc égal au nombre de tours par seconde .

152. — Alternances. — Fréquence. — Phase. — Toutes les définitions données (voir paragraphes 140, 141, 142, 143, 144) pour les fonctions sinusoïdales s'appliquent aux courants alternatifs dont la variation est sinusoïdale.

Il y a une alternance positive et une alternance négative par période.

La fréquence est le nombre de périodes par seconde.

Deux courants alternatifs peuvent être, soit en phase, soit en avance de phase, soit en retard de phase, soit en opposition de phase l'un par rapport à l'autre.

La fréquence du courant alternatif des réseaux électriques des villes et villages est généralement de 50 périodes par seconde; certains sec-

teurs dans les villes du Midi ont une fréquence de 25 périodes par seconde.

153. — Courants monophasés, diphasés, triphasés. — Un courant alternatif dans un circuit simple est un courant *monophasé*.

Si, dans un circuit complexe comme celui de la figure 97, on utilise à la fois des courants de deux générateurs alternatifs, ces courants

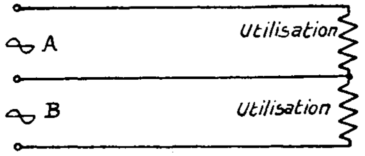


FIG. 97

Circuit à 3 conducteurs transportant les deux courants de deux générateurs alternatifs A et B, un courant étant déphasé sur l'autre d'un quart de période (courants diphasés).

étant déphasés l'un par rapport à l'autre de 1/4 de période, on a un système de *courants diphasés*, qui permet l'économie d'un conducteur.

Si, dans un circuit complexe comme celui de la figure 98, circuit dit en étoile, on utilise à la fois des courants de trois générateurs alternatifs, ceux-ci étant déphasés de 1/3 de période chacun (120°) on a un système de *courants triphasés*, qui, non seulement, permet

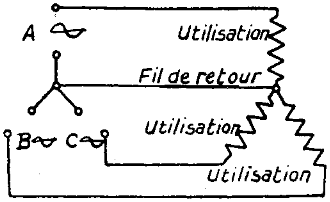


FIG. 98

Circuit dit « en étoile » transportant les 3 courants de trois générateurs alternatifs, chaque courant étant déphasé d'un tiers de période sur un autre (courants triphasés).

une économie de conducteurs mais, les trois valeurs maximum se succédant à intervalles égaux au cours d'une seule période, permet une utilisation meilleure de l'énergie électrique fournie.

Cependant, les trois utilisations devant être égales, les courants triphasés ne sont guère employés pour les installations privées d'éclairage, mais seulement pour les moteurs électriques industriels puissants et les réseaux d'éclairage public dans les villes importantes.

En pratique, les trois courants secondaires déphasés de 1/3 de période sont produits par un générateur unique, les enroulements où ces courants prennent naissance étant décalés entre eux de 120°.

154. — Déphasage : retard ou avance de la variation de la différence de potentiel sur la variation du courant. — Une différence de potentiel alternative entre deux points étant cause d'un courant alternatif entre ces deux points (paragraphe 150), la courbe de variation de la d.d.p. aura la même fréquence que la variation du courant : la période est la même, puisque l'un est la conséquence de l'autre.

Mais la d.d.p. et le courant ne sont en concordance de phase que si le circuit considéré est une résistance pure.

Si le circuit possède un coefficient de self-induction, la f.é.m. de self-induction produite (parce que le courant alternatif est un courant variable — voir paragraphe 96) s'oppose au courant, et celui-ci s'établira en retard, d'où décalage : l'intensité est en retard sur la d.d.p.

Cet effet sera particulièrement étudié dans la 15ᵉ leçon.

Nous verrons au contraire que si le circuit possède des « condensateurs » l'intensité peut être en avance de phase sur la d.d.p.

155. — Valeur efficace de l'intensité d'un courant. — La valeur maximum du courant au cours d'une alternance ne peut représenter la valeur utile du courant, puisqu'elle n'est atteinte qu'un très court instant.

On appelle intensité efficace d'un courant la valeur utile de ce courant, c'est celle qui, en courant continu, produirait la même quantité de chaleur en passant dans une résistance de R ohms.

Nous avons établi (paragraphe 147) que :

$$\text{amplitude eff.} = \frac{\text{ampl. max.}}{1{,}414}$$

Nous aurons de même :

$$\text{I eff.} = \frac{\text{I max.}}{1{,}414}$$

On appelle parfois l'intensité maximum « *intensité de pointe* » ou « *intensité de crête* ».

EXEMPLE : Le courant de crête dans un conducteur est de 1,4 ampère. Quelle est la valeur de l'intensité efficace ?

RÉPONSE : $\text{I eff.} = \frac{1{,}4}{1{,}414} = 1$ ampère environ

156 — Valeur efficace de la différence de potentiel. — *De même, on appelle tension efficace la valeur utile de la différence de potentiel alternative; c'est celle qui est trouvée en multipliant l'intensité efficace en ampères par la valeur en ohms de la résistance*

du circuit, lorsque celui-ci ne possède pas de coefficient de self-induction.

On a ici encore :

$$U\ \text{eff.} = \frac{U\ \text{max.}}{1{,}414}$$

On appelle souvent la différence de potentiel maximum « *tension de pointe* » ou « *tension de crête* ».

EXEMPLE : Un circuit de résistance 60 ohms, ne comprenant ni self ni condensateur, possède donc une d.d.p. et une intensité en concordance de phase (paragraphe 154).

Dans ce cas, si l'intensité efficace du courant est 1 ampère, on a :

$$U\ \text{eff.} = 1_{\text{(ampères)}} \times 60_{\text{(ohms)}} = 60\ \text{volts.}$$

c'est l'application normale de la loi d'Ohm.

Nous savons que :

$$U\ \text{eff.} = \frac{U\ \text{max}}{1{,}414}$$

Donc : $U\ \text{max.} = U\ \text{eff.} \times 1{,}414$

La tension de crête aux bornes du circuit sera donc :

$$60\ \text{volts} \times 1{,}414 = 84{,}8\ \text{volts.}$$

En pratique, les valeurs utiles d'intensité et de tension étant les valeurs efficaces, seules celles-ci seront connues; la mesure d'une tension ou d'une intensité de courant donnera directement la valeur efficace. Nous verrons quels appareils de mesure sont utilisés au chapitre « mesures des courants alternatifs ».

NOTE. — CALCULS PAR L'USAGE DES CONSTRUCTIONS VECTORIELLES. — Les calculs en courant alternatif sont grandement simplifiés par l'usage des constructions vectorielles. Leur principe est établi par notre étude de la 12e leçon.

Employant le dispositif de représentation de la figure 87, nous pouvons représenter un courant alternatif d'intensité connue par un « vecteur » (rayon de la circonférence), tournant comme OA.

Si dans un circuit un deuxième courant alternatif, de *même fréquence*, est superposé au premier, il peut être représenté sur la même circonférence (il tourne à la même vitesse, puisque même fréquence) par un vecteur OB, dont la longueur sera choisie proportionnelle à l'intensité de ce courant, OA servant de base d'évaluation. Ce vecteur OB sera décalé par rapport à OA d'un angle égal à l'angle de déphasage du deuxième courant sur le premier, en avant ou en arrière de OA (en avant : sens de la flèche F, figure 87).

Il suffit de construire le « parallélogramme des forces » de OA et OB, la diagonale du parallélogramme partant de O, appelée *résultante*, donne par sa longueur et sa position, à la fois la valeur du courant résultant et son déphasage sur les courants originaux.

Plusieurs courants *de même fréquence* se superposant dans un circuit donneront un courant résultant dont l'intensité et le déphasage seront connus en construisant un parallélogramme avec le vecteur du troisième courant, et la résultante des deux premiers et en menant cette nouvelle résultante, etc...

Le même procédé peut être employé pour les d. d. p., en portant les vecteurs proportionnels aux volts efficaces appliqués, comme pour les courants on les portait proportionnels aux ampères efficaces.

QUATORZIÈME LEÇON

LES CONDENSATEURS

157. — Principe. — Charge et décharge d'un condensateur. — On appelle condensateur un ensemble formé de deux conducteurs (appelés *armatures*) séparés l'un de l'autre par une couche isolante (appelée aussi *diélectrique*) qui peut être une couche d'air, ou une feuille de mica, de verre, etc... (fig. 99).

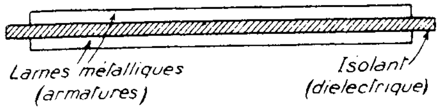


FIG. 99

Coupe d'un condensateur simple.

Si l'on relie chacune des *armatures* à un pôle d'une source de courant continu (fig. 100) plusieurs phénomènes se produisent.

1° Quoique le circuit ne soit pas fermé (puisqu'il y a un isolant entre les armatures), un courant s'établit, allant du + vers le —. En effet, en mettant un galvanomètre sensible dans chaque fil de liaison, un courant est décelé. *Tout se passe comme si ce courant passait à travers le condensateur.* On l'appelle *courant de charge.*

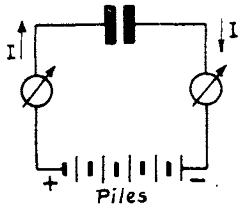


FIG. 100

Charge d'un condensateur.

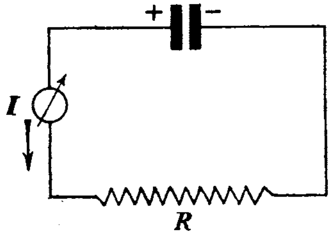


FIG. 101

Décharge d'un condensateur.

2° Ce courant n'est que de très courte durée. Les galvanomètres reviennent au zéro. A ce moment, *le condensateur est « chargé ».*

3° Débranchons la source de courant. Réunissons les deux arma-

tures à travers une résistance (un conducteur quelconque). Un galvanomètre placé en série dans ce nouveau circuit où il n'y a plus de source de courant, indique le passage d'un courant de sens inverse du courant de charge, comme si l'armature auparavant reliée au pôle + était devenue pôle + d'une source, et l'autre armature pôle — (fig. 101). Ce courant est également de très courte durée : *c'est le courant de décharge du condensateur.*

REMARQUE. — Ces phénomènes qui s'apparenteraient à première vue avec ceux de la charge et de la décharge d'un accumulateur, sont totalement différents.

1° Il n'y a eu aucun effet chimique, et donc l'énergie électrique n'a pas été emmagasinée sous forme d'énergie chimique.

2° Il y a bien eu accumulation d'une certaine quantité d'électricité entre les armatures, mais cette quantité est très faible.

3° L'accumulation subsiste tant qu'on ne relie pas les armatures par un conducteur.

4° Le courant de charge, comme le courant de décharge sont de très courte durée.

Nous sommes donc en présence de phénomènes sans relation avec ceux dont les accumulateurs sont le siège. Une analogie hydraulique va nous permettre de comprendre le rôle exact du condensateur dans les expériences précédentes.

158. — Analogie hydraulique du fonctionnement d'un condensateur. — Soit un organe ayant la forme représentée en figure 102. C'est un réservoir étanche séparé en deux compartiments par une feuille de caoutchouc tendue en son milieu. Chaque

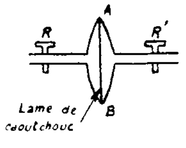


FIG. 102
Coupe d'un organe hydraulique semblable à un condensateur; R et R' sont les robinets pouvant obturer les deux tuyauteries.

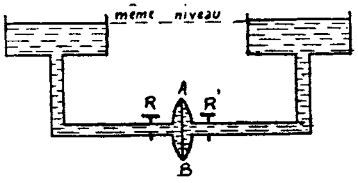


FIG. 103
Même niveau hydraulique de part et d'autre de AB, donc même pression : aucun courant.

compartiment communique avec l'extérieur par une tuyauterie qui peut être obturée par les robinets R et R'. Il n'y a aucune communication directe entre les deux compartiments. Ceci est fort analogue à un condensateur : deux armatures séparées par un isolant empêchant toute liaison électrique directe entre elles.

Si chaque compartiment étanche est relié par tuyauterie à un vase plein d'eau, et si le niveau de l'eau est identique dans les deux vases, les robinets R et R' étant ouverts, la pression est la même sur chaque face de la membrane de caoutchouc et celle-ci reste verticale (fig. 103).

Si l'on élève le niveau de l'un des vases, cette différence de niveau entraîne une différence des pressions sur la paroi élastique AB : la membrane cède et s'incurve. Il s'ensuit un déplacement d'eau de courte durée dans le tuyau de gauche (indiqué par la flèche I) et un déplacement correspondant et dans le même sens dans le tuyau de droite, la membrane chassant l'eau. Lorsque la membrane a équilibré la différence de pression, le bref courant d'eau a cessé. Le « condensateur » est chargé (fig. 104).

Fermons les robinets R et R' pour immobiliser l'eau et débranchons les tuyauteries. Remplaçons-les par une tuyauterie fermée (fig. 105) que nous supposerons elle-même parfaitement remplie d'eau.

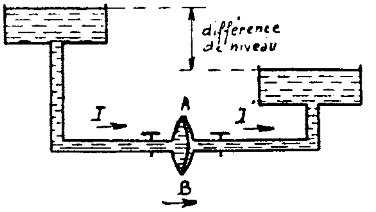


FIG. 104

Une différence de niveau des deux vases entraîne une pression plus forte d'un côté de AB : déplacement latéral de la membrane élastique et courant I de part et d'autre, ce courant étant de faible durée.

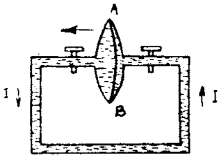


FIG. 105

La membrane AB reprend sa position en chassant l'eau suivant le courant de « décharge » I.

La membrane AB se détend et reprend sa position en chassant l'eau pendant un court instant en un courant I qui rétablit l'équilibre de la pression de l'eau sur les parois de la membrane.

Les compartiments de chaque côté de AB ont joué le rôle des *armatures* du condensateur. La membrane de caoutchouc a joué le rôle de *diélectrique*.

La différence de niveau (*ou pression*) créée pour la première expérience est analogue à la *différence de potentiel électrique* (*ou tension*) qui existe entre + et — de la source électrique. Les courants I et I' montrent le *courant de charge* du condensateur.

Le tuyau reliant les deux compartiments lors de la deuxième expérience est le *circuit* reliant par une résistance les deux armatures d'un condensateur chargé. Le courant I produit est analogue au *courant de décharge* du condensateur.

159. — Capacité d'un condensateur. — L'analogie hydraulique du fonctionnement d'un condensateur nous permet de dire que : *la quantité d'eau déplacée* varie : 1° selon la pression exercée, donc la différence de niveau; 2° selon la forme et la dimension de l'appareil à membrane.

Nous pouvons dire :

$$Q_{(\text{litres eau})} = P_{(\text{pression})} \times C$$

C étant un facteur qui représente les qualités de l'appareil : dimensions, forme, résistance du caoutchouc, etc...

De même pour un condensateur, en électricité :

La charge, ou quantité d'électricité emmagasinée, est proportionnelle à la différence de potentiel appliquée et à un facteur C appelé capacité du condensateur.

$$Q_{(\text{coulombs})} = V_{(\text{volts appliqués})} \times C_{(\text{capacité en farads})}$$

L'unité de capacité électrique est le farad : *un condensateur possède une capacité de 1 farad lorsque, pour 1 volt appliqué entre ses armatures, la quantité d'électricité emmagasinée* (charge) *est de 1 coulomb.*

160. — Calcul de la capacité d'un condensateur. — L'analogie avec le phénomène hydraulique étant parfaite à ce point de vue, la capacité d'un condensateur sera :

- proportionnelle à la surface du diélectrique commun aux deux armatures (*s*),
- proportionnelle à un facteur dépendant de la nature du diélectrique (*k*),
- inversement proportionnelle à l'épaisseur du diélectrique (e).

La formule exacte sera :

$$C = \frac{k \times s}{4\pi \times e}$$

dans laquelle :

C est trouvé en unités appelées centimètres de capacité;
k est un facteur connu pour chaque diélectrique employé ($k = 1$ pour l'air $k = 7$ pour le mica; $k = 5$ pour le verre) ;
s est la surface en regard des armatures, en cm^2;
4π est toujours égal à $4 \times 3{,}14$;
e est l'épaisseur du diélectrique en cm.

L'unité normale de capacité étant le farad, il y a lieu de connaître la correspondance entre cette unité et le *centimètre-capacité.*

En fait, une capacité de un farad est si grande que l'on emploie surtout le microfarad $= \frac{\text{Farad}}{1.000.000}$
et même le 1/1.000e de microfarad. Les condensateurs utilisés en

T.S.F. ont une capacité variant de 0,05/1.000 de microfarad à une dizaine de microfarads, selon le rôle précis qu'ils ont à remplir.

1/1.000^e de microfarad = 900 cm. capacité.

La formule de calcul de la capacité d'un condensateur en millièmes de microfarads (appelés aussi nanofarads) sera donc :

$$C = \frac{k \times s}{4 \times 3{,}14 \times e \times 900} = \text{millièmes de microfarad ou nanofarads (nF)}$$

et en microfarads :

$$C = \frac{k \times s}{4 \times 3{,}14 \times e \times 900 \times 1.000} = \text{microfarads}$$

Abréviation de microfarad : μF; abréviation de micromicrofarad (millionnième de microfarad) : μμF également appelé picofarad (pF).

161. — Association des condensateurs. — Tout comme l'on peut grouper des conducteurs (ou résistances) en série ou en parallèle, il est possible de grouper les condensateurs :

En série : en reliant une armature du premier à celle du deuxième, les armatures de l'ensemble devenant l'armature libre du premier, et l'armature restée libre du dernier (fig. 106).

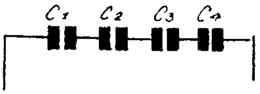


FIG. 106

Quatre condensateurs en série.

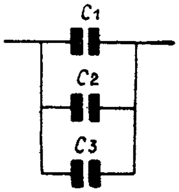


FIG. 107

Trois condensateurs en parallèle.

En parallèle : en reliant entre elles une armature de chaque condensateur, ce qui forme la première armature de l'ensemble, et en réunissant entre elles les armatures restées libres pour former l'autre armature de l'ensemble (fig. 107).

La capacité résultante dans le cas de l'association en série est trouvée par un calcul semblable à celui des résistances *en parallèle* :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

EXEMPLE :

$C_1 = 2\mu F$; $C_2 = 1\mu F$; $C_3 = 5\mu F$; $C_4 = 20\mu F$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{2} + \frac{1}{1} + \frac{1}{5} + \frac{1}{20}$$

ou $$\frac{1}{C} = \frac{10}{20} + \frac{20}{20} + \frac{4}{20} + \frac{1}{20} = \frac{35}{20}$$

d'où $$C = \frac{20}{35} = 0{,}57\ \mu F$$

Il y a lieu de remarquer que la capacité résultante est plus petite que la plus petite des capacités en série.

La capacité résultante dans le cas de l'association en parallèle est égale à la somme des capacités, le calcul est donc semblable à celui des résistances *en série.*

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Si $C_1 = 10/1.000$ de μF; $C_2 = 2/1.000$ de μF; $C_3 = 50/1.000$ de μF.

$$C = \frac{10 + 2 + 50}{1.000} = 62/1.000 \text{ de microfarad.}$$
$$= 62\ nF = 62.000\ pF.$$

162. — Construction des condensateurs. — Deux armatures en regard ne suffisent généralement pas pour obtenir la capacité désirée, la surface nécessaire serait trop encombrante. On réalise alors des *armatures multiples* (fig. 108) : toutes les lames paires reliées ensemble forment une armature, toutes les lampes impaires forment l'autre armature. Les unes sont alternées avec les autres, des épaisseurs d'isolant (mica ou air, si les lames sont simplement écartées) séparant les unes des autres.

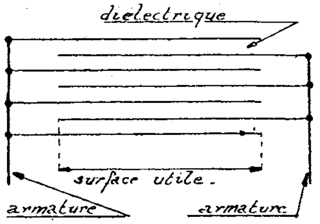


FIG. 108
Condensateur à armatures multiples.

Le condensateur est formé d'autant de condensateurs en parallèle qu'il y a d'intervalles isolants influencés de chaque côté, donc influencés par deux armatures. C'est donc le nombre d'intervalles isolants qu'il faut compter fig. 108 et multiplier ce nombre par la surface utile (indiquée aussi fig. 108). Cette disposition est très employée pour les condensateurs variables à diélectrique air.

Une autre construction est ainsi réalisée : une longue bande d'étain ou d'aluminium en feuille mince est recouverte d'une bande de papier paraffinée (diélectrique) puis d'une autre bande d'étain ou d'aluminium; chaque feuille métallique dépasse d'un côté de la bande de papier. On roule tout en un rouleau qui a ainsi quelques centimètres de longueur et quelques millimètres d'épaisseur; on a ainsi une grande capacité entre les deux armatures (fig. 109). Les fils A et B permettent le branchement à chacune des armatures. Ces condensateurs sont dits *au papier.*

Enfin, le condensateur peut avoir pour diélectrique le dégagement gazeux sur l'électrode +, produit par un liquide électrolyte qui, en réalité, ne sera isolant que dans un seul sens; il y aura donc un sens de branchement à observer : une armature + et une armature —

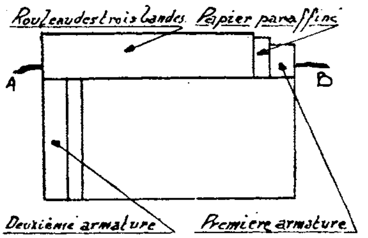


FIG. 109

Condensateur à bandes métalliques enroulées sur elles-mêmes.

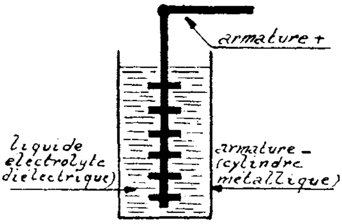


FIG. 110

Coupe simplifiée d'un condensateur électrolytique.

afin que le condensateur ne soit pas en court-circuit. C'est le cas des *condensateurs électrolytiques* qui permettent d'obtenir de grandes capacités (jusqu'à 50 microfarads pour un encombrement cylindrique de 20 mm de diamètre et une hauteur de 80 mm (fig. 110).

Des condensateurs de même principe, mais secs, parce que l'électrolyte imprègne une bande de papier placée entre les deux armatures enroulées, comme dans les condensateurs au papier, sont dits *électrochimiques* (capacité 1 à 50 μF) mais l'isolement entre leurs armatures est faible, et il ne faut pas dépasser en service une différence de potentiel de 50 volts.

163. — Rôle des condensateurs. — Ils ont un rôle très important dans les circuits parcourus par des courants alternatifs : nous allons étudier leurs propriétés à ce point de vue.

Or, la Radio utilise des circuits qui sont tous parcourus par des courants alternatifs, soit à basse fréquence, soit à haute fréquence (ondes) ; les condensateurs de toutes capacités sont très employés en Radio.

Ils seront ainsi à la base des « circuits oscillants », qui sont à l'origine de toute transmission et de toute réception radio.

164. — Condensateurs variables. — On peut construire facilement des condensateurs dont la capacité soit variable à volonté. Soit une lame métallique fixe sur un bâti et une autre lame métallique placée parallèlement, mais mobile autour d'un axe (fig. 111). La position de la lame mobile permet une surface « en regard » plus ou moins grande, elle permet donc de faire varier la capacité, et même, en « ouvrant » entièrement la lame mobile, de réduire la capacité à une infime valeur minimum appelée *capacité résiduelle.*

En pratique, pour atteindre une valeur maximum suffisante, plusieurs lames mobiles en parallèle s'insèrent dans les intervalles laissés par un groupe de lames fixes parallèles.

EXEMPLE : *Un condensateur variable utilisé souvent en Radio a les valeurs suivantes :*

Valeur maximum (fermé) : 0,5/1.000 μF ou 500 pF; valeur

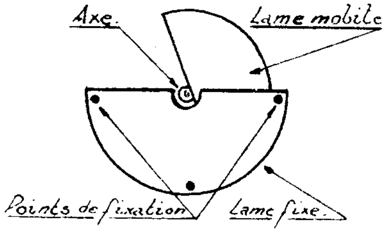


FIG. 111

Croquis de principe d'un condensateur variable.

FIG. 112

Profil d'une lame mobile de condensateur variable.

minimum (ouvert) ou capacité résiduelle : 0,015/1.000 μF ou 15 pF; c'est-à-dire 15 μμF; rotation : 180°.

Le diélectrique des condensateurs variables est généralement l'air.

La variation d'un condensateur variable sera *linéaire en capacité* si la forme des lame mobiles est demi-circulaire. Autrement dit, si, pour une rotation de 180°, on a une variation de 500 μμF, pour 90° (à mi-course), la capacité sera :

$$\frac{500}{2} = 250\ \mu\mu F$$

et pour 30° :

$$\frac{500 \times 30}{180.} = 83\ \mu\mu F = 83\ pF.$$

Si les lames ont une forme différente du demi-cercle, on peut obtenir des variations telles qu'au début de la rotation la capacité varie plus rapidement qu'en fin de rotation; dans les circuits de radio, de telles variations de la capacité sont souhaitables.

La figure 112 donne un profil assez souvent employé et dont la loi de variation répond à des données précises (variation linéaire en fréquence des circuits oscillants qu'ils accordent).

165. — Capacités dites parasites. — Il y a lieu de remarquer qu'un condensateur est un appareil très simple, formé de deux conducteurs séparés par un diélectrique. Or, il arrive souvent que, dans la nature, ou dans les circuits électriques (lignes de transport d'électricité, câblage intérieur d'un poste de Radio) il y ait deux conducteurs voisins. L'air qui les sépare est un diélectrique.

Si donc ces deux conducteurs sont à des potentiels différents, ils se conduisent comme des condensateurs : une capacité, faible, est réalisée; elle est gênante, on l'appelle souvent pour cela *capacité parasite.* On diminuera une capacité parasite en éloignant les deux conducteurs qui la forment ou en évitant leur parallélisme.

Remarquons qu'entre les fils torsadés d'une installation d'éclairage, il y a une capacité. Entre l'antenne d'un poste de Radio et la terre, il y a une capacité. L'orage, nous donne un exemple frappant de condensateur naturel : le nuage chargé d'électricité est une armature, la terre forme l'autre. Ce condensateur se charge de plus en plus; lorsqu'il y a une tension trop forte pour l'isolant (air), il y a rupture de ce diélectrique : l'étincelle (éclair) jaillit et décharge partiellement le condensateur.

QUINZIÈME LEÇON

EFFETS DES CONDENSATEURS ET DES SELFS DANS LES CIRCUITS A COURANT ALTERNATIF

1° EFFETS DES CONDENSATEURS

166. — Les condensateurs transmettent les courants alternatifs. — Soit un condensateur branché aux bornes d'une source de courant alternatif (représentée par le signe ∿ (fig. 113). Considérons le pôle A de la source; pendant l'alternance positive, A est le pôle positif, et le condensateur se *charge* par un courant de sens 1.

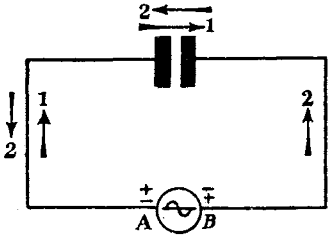


Fig. 113

Le condensateur, soumis à une différence de potentiel alternative, transmet le courant alternatif.

Pendant l'alternance négative, A est négatif, le condensateur se *décharge* vers A par un courant inverse (sens 2) en même temps que B devenu positif le recharge par un courant de sens 2.

Donc, *à chaque alternance, il y a courant dans le circuit,* ce courant change de sens entre A et B deux fois par période, *il y a donc courant alternatif dans le circuit, comme si le condensateur était un conducteur.*

Nous savons qu'au contraire le courant continu est arrêté par un condensateur, puisqu'il cesse dès que le condensateur est chargé.

Conséquence. — *Lorsqu'un circuit est à la fois le siège d'un courant continu et d'un courant alternatif, il est possible, à l'aide d'un condensateur, de dériver vers un autre circuit le courant alternatif seul.*

Cette conséquence est d'une importance considérable pour les circuits des récepteurs de Radio. La figure 114 en donne un exemple. La résistance R_1 est parcourue à la fois par le courant continu venu de la source et qui alimente la lampe de Radio et par un courant alternatif, résultat de l'amplification de l'onde par la lampe; grâce au

condensateur C, la différence de potentiel alternative est obtenue seule aux bornes de R_2, d'où on pourra l'envoyer, soit à une autre lampe Radio pour être encore amplifiée, soit au reproducteur : haut-parleur.

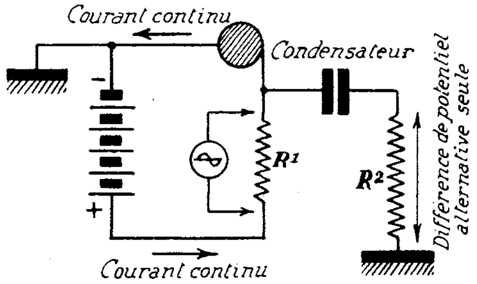


FIG. 114

Schéma simple d'un circuit de récepteur radio; le condensateur C permet d'obtenir la différence de potentiel alternative seule aux bornes de la résistance R_2.

167. — Valeur du courant lorsque le circuit comprend un condensateur. — Impédance. — Dans un circuit comme celui de la figure 113, le courant alternatif ne dépendra certainement pas seulement de la résistance des conducteurs. La loi d'Ohm :

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{R_{(\text{ohms})}}$$

ne pourra plus s'appliquer par suite de la présence du condensateur.

On appelle impédance d'un circuit l'opposition de ce circuit au passage d'un courant alternatif; on la mesure en ohms, comme la résistance, et l'on a, au lieu de :

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{R_{(\text{ohms})}} : I_{(\text{ampères})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{Z_{(\text{ohms})}}$$

Lorsqu'un circuit ne comporte que des résistances pures, qu'il n'y a ni condensateurs, ni bobinages, on a : $Z = R$ ohms. La loi d'Ohm s'applique pour trouver l'intensité efficace : $I\text{eff} = \frac{U}{R}$

Lorsqu'un circuit comporte un condensateur, celui-ci s'oppose au passage du courant, et l'impédance en ohms qu'il oppose sera d'autant plus petite :

1° *Que la capacité sera grande* (une grande capacité emmagasinant une plus grande quantité d'électricité à chaque charge permettra bien un courant plus grand, donc une impédance plus petite).

2° *Que la fréquence du courant sera grande* (un plus grand nombre de charges et décharges par seconde permettra bien un courant plus important).

En pratique, l'impédance en ohms opposée par un condensateur sera égale à :

$$Z_{(ohms)} = \frac{1}{C\omega}$$

C est la capacité du condensateur en Farads,
ω (prononcer oméga) est égal à $2 \times 3{,}14 \times F$ (fréquence, c'est-à dire nombre de périodes par seconde).

REMARQUE. — Une même valeur d'impédance Z pourra être réalisée avec une valeur $C\omega$ obtenue avec des valeurs de C différentes : il suffira que ω ($2\pi F$) varie en sens inverse.

Par suite : *une même valeur d'impédance pourra être obtenue avec un petit condensateur pour un courant de grande fréquence, qu'avec un gros condensateur pour un courant de petite fréquence.*

Ceci a une application très importante en Radio. Les circuits radio sont parcourus, soit par des courants dont la fréquence atteint et dépasse un million de périodes par seconde (*circuits à haute fréquence*), soit par des courants dont la fréquence est comprise entre 100 et 10.000 périodes par seconde (*circuits basse fréquence*). En conséquence, une impédance suffisamment faible pour laisser passer facilement le courant sera obtenue :

En haute fréquence, par des condensateurs de capacité variant entre 0,05/1.000 et 1/1.000 de microfarad;

En basse fréquence, par des condensateurs de capacité d'au moins 0,1 microfarad jusqu'à plusieurs microfarads.

Nous rappelons : $I\ eff. = \frac{U_{(volts)}}{Z_{(ohms)}}$ et $Z = \frac{1}{C\omega}$ pour un condensateur

168. — Valeur de l'impédance et du courant dans un circuit qui comprend un condensateur et une résistance. — C'est le cas normal, car il y a forcément des conducteurs, et ces conducteurs ont une résistance personnelle, si faible soit-elle.

Les formules du paragraphe précédent ne s'appliquent donc que lorsque la résistance du circuit est négligeable par rapport à l'impédance présentée par le condensateur.

Dans le cas normal, l'impédance du circuit sera :

$$Z_{(ohms)} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}$$

R étant la résistance en ohms des conducteurs, C la capacité en farads du condensateur et ω étant égal, comme toujours, à $2 \times 3{,}14 \times F$.

Et l'on aura toujours pour valeur du courant :

$$I\ \text{eff.} = \frac{U_{(\text{volts})}}{Z_{(\text{ohms})}}$$

EXEMPLE : Soit un condensateur de 1 microfarad branché avec une résistance de 300 ohms aux bornes d'une source de courant

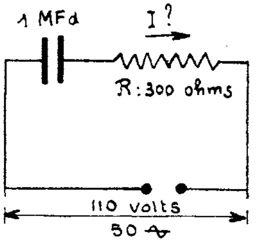


FIG. 115

Circuit comportant condensateur et résistance et parcouru par un courant alternatif.

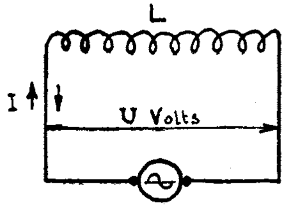


FIG. 116

Circuit comprenant une self de L henrys et soumis à une d. d. p. alternative de U volts.

fournissant une d.d.p. alternative de 110 volts, fréquence 50 périodes/seconde. Quel sera le courant établi dans ce circuit? (fig. 115).

1 microfarad = 0,000001 Farad; $\omega = 2 \times 3{,}14 \times 50 = 314$

Impédance du circuit :

$$Z = \sqrt{300^2 + \frac{1}{0{,}000001^2 \times 314^2}}$$

$$Z = \sqrt{300 \times 300 + \frac{1}{0{,}000.001 \times 0{,}000.001 \times 314 \times 314}}$$

$$Z = \sqrt{90.000 + 10.142.400} = \sqrt{10.232.400} = 3.200 \text{ ohms}$$

Valeur du courant :

$$I\ \text{eff.} = \frac{110}{3.200} = 0{,}034 \text{ ampère ou } 34 \text{ milliampères.}$$

169. — Décalage entre le courant et la différence de potentiel lorsque le circuit comprend un condensateur. — La présence d'un condensateur en série dans un circuit (fig. 113 ou 114) entraîne un déphasage entre la variation du courant alternatif et la variation de la différence de potentiel alternative qui le produit; le courant sera en avance sur la d.d.p. L'angle de déphasage entre les deux variations peut se mesurer. Cet angle varie entre 0

(cas où il n'y a pas de condensateur, intensité et d.d.p. sont en phase) et 90°, cas théorique où il n'y aurait qu'un condensateur sans aucune résistance de conducteur en série. C'est à cause de ce déphasage que le courant I n'est plus égal à $\frac{U}{R}$ mais à $\frac{U}{Z}$, Z étant l'impédance calculée comme l'indiquent les paragraphes 167 et 168.

2° EFFET DES SELFS

170. — Self ou bobinage présentant un coefficient de self-induction. — Notre étude des solénoïdes dans l'électromagnétisme a défini le coefficient de self-induction qui se mesure en henrys (paragraphe 96). Par convention, on désigne souvent sous le nom de *selfs* des circuits présentant un coefficient de self-induction, donc : un solénoïde, un bobinage...

171. — Valeur du courant lorsque le circuit (à courant alternatif) comprend une self. — Le bobinage possède un coefficient de self-induction d'autant plus grand : que le nombre de spires N sera grand, que la longueur sera petite, et que la section du bobinage est grande (S cm²).

En effet :

$$L_{(henrys)} = \frac{12{,}5 \times N \times N \times S}{l \times 10^9} \quad \text{(voir paragraphe 96)}$$

Si un courant alternatif traverse ce bobinage, ce courant variable détermine autour du bobinage un champ magnétique variable, donc, dans le circuit même, une force électromotrice de self-induction qui s'oppose à la cause qui lui a donné naissance (voir paragraphe 96).

Il s'ensuit que *l'impédance en ohms d'un circuit comprenant une self ne sera pas égale à la résistance du circuit, mais aura une valeur plus élevée, due à l'opposition de la self au passage du courant alternatif.*

Le courant sera d'autant plus faible, car nous aurons :

$$I\ \text{eff.} = \frac{U_{(volts)}}{Z_{(ohms)}} \quad \text{au lieu de} \quad I\ \text{eff.} = \frac{U_{(volts)}}{R_{(ohms)}}$$

L'impédance en ohms opposée par un bobinage sera d'autant plus grande :

1° *Que le coefficient de self-induction sera grand* (en effet, la f.é.m. de self-induction opposée est d'autant plus grande) ;

2° *Que la fréquence du courant sera grande* (variations plus nombreuses du champ magnétique, donc opposition plus renouvelée et f.é.m. de self-induction plus grande).

En pratique, l'impédance en ohms opposée par un bobinage de L henrys sera :

$$Z_{(ohms)} = L\omega$$

L est le coefficient de self du bobinage en *henrys*.
ω comme toujours est égal à : $2 \times 3{,}14 \times F$ (fréquence, c'est-à-dire nombre de périodes par seconde).

REMARQUE. — Plus la fréquence sera élevée, moins le bobinage à réaliser pour obtenir une impédance donnée doit avoir de henrys : le produit $L\omega$ étant obtenu avec oméga (ω) plus grand, L est d'autant plus petit.

CONSÉQUENCE : L'impédance élevée présentée par une self en face du courant alternatif peut être utilisée pour affaiblir la composante alternative d'un courant ondulé, c'est-à-dire d'un courant continu irrégulier que l'on peut toujours considérer comme la somme d'un courant continu pur et d'une variation alternative.

Dans le circuit de la figure 117, le courant dit ondulé doit traverser une self L_1 : l'impédance élevée de cette self suffit à rendre négligeable la valeur alternative du courant; la valeur du courant continu est au contraire à peine affaiblie, la résistance en ohms de la bobine étant faible. D'autre part, les condensateurs C_1 et C_2 livrent passage à la composante alternative et la mettent en court-circuit (application du paragraphe 116). Un circuit tel que celui-ci est appelé *circuit de filtrage;* il permettra de rendre continu un courant continu imparfait dont la valeur ondule légèrement. Il est très employé pour *filtrer* le courant continu provenant d'un appareil ayant transformé un courant

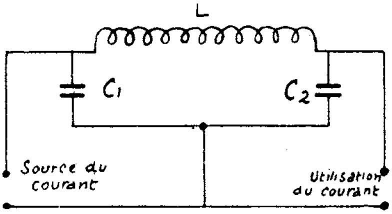


FIG. 117
Filtrage d'un courant ondulé.

alternatif en courant continu (redresseur) : les ondulations subsistant sont ainsi très affaiblies, et les troubles qu'elles occasionneraient (ronflement du secteur par exemple) sont supprimés. Pour un courant alternatif à 50 périodes, le courant redressé est ondulé à 100 périodes; le filtrage de la figure 117 réalisé avec : $L = 50$ henrys; $C_1 = C_2 = 4\ \mu F$, est alors efficace et permet d'obtenir un courant continu correct.

172. — Valeur du courant lorsque le circuit (à courant alternatif) comprend une self et une résistance. — C'est le cas réel, car il est certain que le conducteur enroulé pour

former un bobinage possède une résistance personnelle. La formule du paragraphe précédent ($Z = L\omega$) ne peut donc s'appliquer que si la résistance du bobinage et des autres conducteurs du circuit est négligeable par rapport à l'impédance développée par la self.

Dans le cas normal (self et résistance), l'impédance du circuit sera :

$$Z_{(\text{ohms})} = \sqrt{R^2 + L^2\,\omega^2}$$

R étant la résistance totale en ohms du circuit, L le coefficient de self-induction en henrys, et comme toujours $\omega = 2 \times 3{,}14 \times F.$, et l'on aura pour valeur du courant :

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{Z_{(\text{ohms})}}$$

EXEMPLE : Soit un bobinage de 600 spires réalisé sur une longueur de 4 centimètres, la section moyenne du bobinage étant de 10 cm². On suppose la capacité formée entre les spires négligeable. Ce bobinage étant branché aux bornes d'une différence de potentiel de

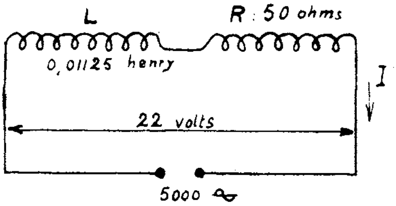


FIG. 118

Circuit comprenant self et résistance et parcouru par un courant alternatif.

22 volts et de fréquence 5.000 périodes par seconde, la résistance totale du circuit étant de 50 ohms, quel sera le courant dans le bobinage? (fig. 118).

Coefficient de self-induction du bobinage :

$$L_{(\text{henrys})} = \frac{12{,}5 \times 600 \times 600 \times 10}{4 \times 10^9} = \frac{11.250.000}{1.000.000.000}$$

$$= 0{,}01125 \text{ henry}$$

$$\omega = 2 \times 3{,}14 \times 5.000 = 31.400$$

Impédance du circuit :

$$Z = \sqrt{50^2 + 0{,}01125^2 \times 31.400^2}$$

$$Z = \sqrt{50 \times 50 + 0{,}01125 \times 0{,}01125 \times 31.400 \times 31.400}$$

$$Z = \sqrt{2.500 + 124.785} = \sqrt{127.285}$$

$Z = 356$ ohms.

Valeur du courant :

$$I \text{ eff.} = \frac{22}{356} = 0{,}061 \text{ ampère ou 61 milliampères.}$$

173. — Décalage entre le courant et la différence de potentiel lorsque le circuit comprend une self. — La présence d'une self dans un circuit à courant alternatif entraîne un déphasage entre la variation du courant et la variation de la différence de potentiel : *le courant est en retard* sur la d.d.p. Ce retard est causé par la f.é.m. de self-induction qui tend à s'opposer au courant, et c'est par suite de ce déphasage que le courant n'est plus égal à $\frac{U}{R}$ mais à $\frac{U}{Z}$, Z étant l'impédance calculée comme l'indiquent les paragraphes 171 et 172.

L'angle de déphasage peut se mesurer, il est toujours compris entre 0° (cas où il n'y a pas de self, $Z = R$ ohms) et 90° (cas théorique où il n'y aurait qu'une self dans le circuit, cette self ayant une résistance ohmique nulle).

3° EFFET DES CONDENSATEURS ET DES SELFS ASSOCIÉS

174. — Valeur du courant et de l'impédance dans un circuit à courant alternatif comprenant résistance, self et condensateur en série. — Soit le circuit de la figure 119.

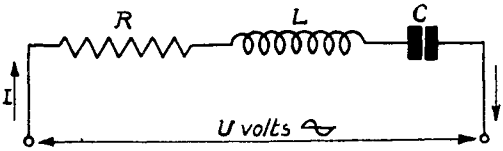


Fig. 119

Circuit série comprenant résistance, self et capacité.

Les actions respectives du condensateur et de la self s'opposent : le courant sera déphasé en avant de la d.d.p. ou en arrière de la d.d.p., suivant que l'effet du condensateur ou celui de la self l'emportera.

La valeur de l'impédance du circuit sera calculée ainsi :

$$Z_{(ohms)} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

R étant la résistance en ohms du circuit,

L, le coefficient de self-induction en henrys,

C, la capacité du condensateur en farads.

Et la valeur du courant sera comme toujours :

$$I\ \text{eff.}_{(\text{ampères})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{Z_{(\text{ohms})}}$$

175. — Résonance d'un circuit comprenant self et condensateur en série. — Il est un cas particulier intéressant dans le paragraphe précédent; c'est lorsque la valeur de la self

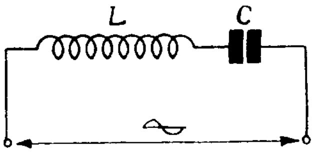


FIG. 120

Circuit série d'un condensateur et d'une self qui offre une impédance minimum pour les courants ayant une fréquence telle que

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

(résonance).

$L_{(\text{henrys})}$, et la valeur du condensateur $C_{(\text{farads})}$ sont telles que, pour une fréquence donnée :

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0.$$

Autrement dit que :

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}.$$

En effet, le courant deviendra maximum, car l'impédance en ohms sera tout juste égale à $\sqrt{R^2 + 0}$ c'est-à-dire à $R_{(\text{ohms})}$.

Lorsque, dans un circuit, L et C ont des valeurs telles que

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

on dit que le circuit est en résonance. Si L et C sont placés en série, l'impédance pour la fréquence considérée est minimum, et le courant qui les traverse est maximum.

EXEMPLE : Si la fréquence du courant est 80 périodes par seconde, si le bobinage a une self de L = 4 henrys, si le condensateur a une capacité de C = 0,995 microfarad, on aura :

$$L\omega = 4 \times 2 \times 3{,}14 \times 80 = 2.009{,}6$$

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{1}{0{,}000.000.995 \times 2 \times 3{,}14 \times 80} =$$

$$= \frac{1}{0.0004980} = 2.009{,}6$$

Donc : $$\frac{1}{C\omega} = L\omega$$

Le circuit est en résonance, le courant est maximum, l'impédance est minimum. Ceci ne se produira que pour la fréquence considérée (ici 80 périodes).

Connaissant la valeur de la self en henrys, la valeur du condensateur en farads, la fréquence pour laquelle le circuit sera en résonance sera calculée par la formule :

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

F étant le nombre de périodes par seconde.

Ce calcul est la conséquence de $L\omega = \frac{1}{C\omega}$. En effet, dans notre exemple ci-dessus ($L = 4$ henrys; $C = 0{,}995\ \mu F$), on aura :

$$F = \frac{1}{2 \times 3{,}14 \times \sqrt{4 \times 0{,}000.000.995}} = 80 \text{ périodes}$$

176. — Résonance d'un circuit comprenant self et condensateur en parallèle. — Soit le circuit de la figure 121. Lorsque la fréquence est telle que pour la valeur de L et la valeur de C, $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, le circuit est en résonance, tout comme le circuit série du paragraphe précédent.

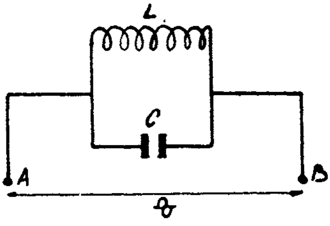


FIG. 121

Circuit parallèle self-condensateur qui offre une impédance maximum pour les courants ayant une fréquence telle que

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

(résonance).

Mais, à l'inverse de celui-ci; *pour la fréquence de résonance le circuit parallèle offre une impédance maximum et à la résonance le courant est donc minimum.*

On calcule le courant dans la self d'après la formule connue (paragraphe 172) : $I_L = \frac{U}{Z}$ et $Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2}$

et on calcule de même le courant dans le condensateur par la formule habituelle (paragraphe 167).

$$I_c = \frac{U}{Z} \text{ et } Z = \frac{1}{C\omega}$$

Lorsque $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, la somme du courant dans la self et du

courant dans le condensateur est minimum ; l'impédance est donc maximum. C'est ce que nous avons énoncé ci-dessus.

Connaissant la valeur de la self en henrys et la valeur du condensateurs en farads, la fréquence de résonance d'un circuit parallèle se calculera par la même formule que celle d'un circuit série, puisque tous deux répondent à la même condition de résonance ($L\omega = \frac{1}{C\omega}$).

On aura donc :

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

F étant le nombre de périodes par seconde.

NOTE IMPORTANTE. — Il y a lieu de retenir particulièrement les conséquences des deux cas de résonance étudiés dans les deux paragraphes précédents. On peut les résumer ainsi :

Résonance série : impédance minimum ; courant maximum.

Résonance parallèle : impédance maximum, courant minimum.

Le circuit série (fig. 120) permettra donc de favoriser le passage du courant qui aura une fréquence égale à la fréquence de résonance.

Le circuit parallèle (fig. 121) permettra d'imposer une impédance maximum au passage d'un courant ayant une fréquence égale à la fréquence de résonance, et par suite d'obtenir pour ce courant une différence de potentiel maximum aux bornes A et B de ce circuit (fig. 121).

177. — Coefficient de surtension d'un circuit série ou parallèle lorsque la fréquence du courant est celle de la résonance du circuit. — La tension aux bornes du circuit, ou le courant que laisse passer le circuit, selon qu'il s'agit d'un circuit parallèle ou d'un circuit série, se trouvent multipliés et atteignent une valeur maximum.

Le coefficient par lequel ils doivent être multipliés est appelé *facteur de surtension;* il est égal à $\frac{L\omega}{R}$, pour un bobinage de $L_{(henrys)}$ et de résistance R ohms.

La valeur du facteur de surtension indique le degré de qualité du circuit.

EXEMPLE : un bobinage de poste Radio pour petites ondes bobiné sur air, a un coefficient de surtension de 150 environ, pour une fréquence de 1.000 kilocycles/seconde (c'est-à-dire 1.000.000 périodes). Un bobinage de même emploi réalisé sur noyau magnétique possède un coefficient de surtension de 350 à la même fréquence. Cela est dû à ce que pour une même valeur de L, on a réussi avec cette fabrication à obtenir R plus petit et $\frac{L\omega}{R}$ est donc plus grand.

CONSÉQUENCE : Le second bobinage est de meilleure qualité que le premier. En effet, dans un circuit parallèle, la tension obtenue aux bornes sera bien plus élevée.

SEIZIÈME LEÇON

MESURES DES COURANTS ALTERNATIFS

178. — Mesure de l'intensité efficace d'un courant alternatif. — Nous avons établi (paragraphe 155) que l'intensité efficace était la valeur utile du courant alternatif, puisque la valeur réelle du courant est continuellement variable.

Les appareils de mesure d'intensité : ampèremètres et milliampèremètres indiquent directement la valeur efficace du courant, et non sa valeur maximum.

Tous les appareils de mesure qui sont insensibles au changement de sens du courant conviendront; nous les avons signalés au cours de la neuvième leçon « Appareils de mesure ».

Les systèmes possibles seront donc :

AMPÈREMÈTRES ÉLECTROMAGNÉTIQUES A PALETTE DE FER DOUX : peu précis, et bon marché (voir paragraphe 104).

AMPÈREMÈTRES ET MILLIAMPÈREMÈTRES THERMIQUES : plus précis mais peu sensibles (voir paragraphe 105).

AMPÈREMÈTRES ET MILLIAMPÈREMÈTRES A CADRE MOBILE, *donc pour courant continu, mais utilisés avec un petit « redresseur » qui transforme le courant alternatif en courant continu :* précis et sensibles; nous en avons donné la description et le schéma au paragraphe 109 « Radio-contrôleurs universels ».

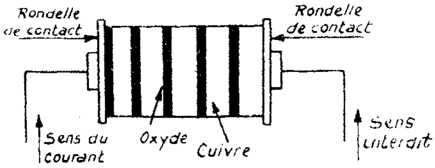


FIG. 122

Principe du redresseur oxyde-cuivre.
Le courant passe plus facilement dans le sens oxyde-cuivre.

Le redresseur utilisé est un ensemble de petites rondelles de cuivre oxydées sur une seule face et empilées; le courant doit les traverser l'une après l'autre; le contact oxyde-cuivre fait que le courant ne peut passer que dans un seul sens, la résistance opposée dans l'autre sens étant au moins cent fois plus grande (fig. 122).

179. — Mesure de l'intensité maximum d'un courant alternatif. — On l'appelle *intensité de pointe.* Il n'est guère possible de la mesurer directement. On mesure l'intensité efficace, et l'on calcule :

$$I_{max} = I_{eff} \times 1{,}414$$

En général, seule l'intensité efficace est à connaître puisque c'est la valeur utile du courant.

180. — Mesure de la tension efficace aux bornes d'un circuit. — La tension efficace est la valeur utile de la différence de potentiel alternative appliquée.

Les voltmètres pour courant alternatif indiquent directement la valeur efficace de la tension à mesurer, et non la valeur maximum.

Tous les appareils de mesure insensibles au changement de sens du courant conviennent, et comme pour les ampèremètres, nous aurons :

Voltmètres à palette de fer doux, peu précis et bon marché; *voltmètres thermiques,* peu sensibles donc peu précis (grande consommation personnelle) ; *voltmètres à cadre mobile avec redresseur* pour transformer l'alternatif en continu (radio-contrôleurs universels, paragraphe 109), ce sont les seuls précis et les seuls recommandés.

180 *bis*. — Mesure de la tension de crête aux bornes d'un circuit. — La tension de crête ou tension de pointe est la valeur maximum de la tension.

Pour un courant alternatif normal (sinusoïdal) ; elle est égale à :

$$U_{max} = U_{eff} \times 1{,}414$$

On n'a pas à la connaître généralement, puisque la valeur utile de la tension c'est la valeur efficace, mesurée au voltmètre. Cependant, pour connaître à quelle tension devra pouvoir résister l'isolement d'un organe soumis à une tension alternative, c'est la tension de crête qu'il faudra connaître. Le calcul ci-dessus nous indique sa valeur.

Si le circuit est parcouru par un courant alternatif de fréquence et de forme irrégulière, c'est le cas du courant alternatif qui reproduit les variations du son dans un poste récepteur de Radio, la tension de pointe peut être beaucoup plus élevée que $U_{eff} \times 1{,}414$.

Pour la mesurer, on emploie un *voltmètre de crête :* c'est un appareil où, grâce à une lampe de radio, la valeur maximum de la tension alternative à mesurer détermine un courant continu plus ou moins grand que mesure un milliampèremètre. En graduant convenablement celui-ci, on peut lire directement la valeur de la tension de crête.

181. — Mesure d'une impédance et par suite de la valeur d'une self ou de la valeur d'un condensateur. — *Mesure d'une résistance.* — La méthode de mesure d'une résistance en appliquant la loi d'Ohm, c'est-à-dire en mesurant simplement la chute

de tension qu'elle produit à l'aide d'un voltmètre, et le courant qui la traverse à l'aide d'un ampèremètre (fig. 123) et en divisant les résultats l'un par l'autre, puisque : $R = \frac{U}{I}$, est applicable aux impédances.

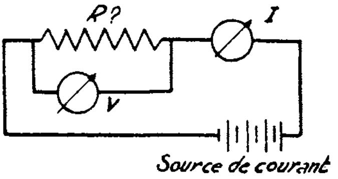


FIG. 123

Mesure d'une résistance. Par exemple, si V = 16 volts et I = 2 ampères, R = 16 : 2 = 8 ohms.

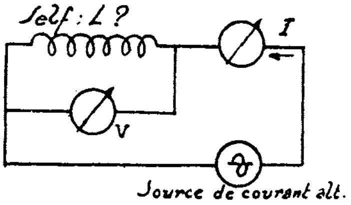


FIG. 124

Mesure de la valeur de la self L en henrys, la fréquence du courant étant connue.

MESURE D'UNE IMPÉDANCE. — Puisque, dans le cas d'un courant alternatif, on a : $Z_{(ohms)} = \frac{U_{(volts)}}{I_{(ampères)}}$ le procédé de la figure 123 peut s'appliquer aux impédances en plaçant l'impédance à mesurer en R, en remplaçant la source de courant continu par une source de courant alternatif (le secteur des villes par exemple) et en plaçant en V un voltmètre pour alternatif et en I un ampèremètre pour alternatif. L'impédance peut être une self ou un condensateur.

MESURE D'UNE SELF. — Si la fréquence du courant est connue, la valeur de la self en henrys peut être calculée lorsque l'on a mesuré l'impédance par le procédé ci-dessus. La figure 124 résume le dispositif.

L'impédance présentée par la self L (ici une self à fer) est égale à :

$$Z_{(ohms)} = \frac{U_{(volts)}}{I_{(ampères)}}$$

Puis, connaissant Z, on applique la formule :

$$Z_{(ohms)} = L_{(henrys)} \times \omega$$ (valable seulement si la résistance ohmique du fil peut être négligée devant Z).

ce qui peut se traduire par :

$$L_{(henrys)} = \frac{Z_{(ohms)}}{2 \times 3{,}14 \times F}$$ F étant la fréquence du courant.

EXEMPLE : Soit une lecture de 92 volts au voltmètre, une lecture de deux ampères à l'ampèremètre; le courant a une fréquence de 50 périodes par seconde. Quelle est la valeur de la self L en henrys?

$$Z = \frac{92}{2} = 46 \text{ ohms}$$

$$L = \frac{46}{2 \times 3{,}14 \times 50} = 0{,}14 \text{ henry}$$

Il y a lieu de remarquer que, si la self est une self à fer, sa valeur changera suivant le courant continu qui aura à la traverser, celui-ci faisant varier la perméabilité, donc la self (voir paragraphe 96).

MESURE D'UN CONDENSATEUR : La même méthode s'applique aux condensateurs;

$$Z_{(\text{ohms})} = \frac{U_{(\text{volts})}}{I_{(\text{ampères})}}$$

et comme $Z_{(\text{ohms})} = \frac{1}{C\omega}$ pour un condensateur, on a :

$$C_{(\text{farads})} = \frac{1}{Z \times 2 \times 3{,}14 \times F}$$ F étant la fréquence du courant.

EXEMPLE : Soit le schéma du dispositif fig. 125. On lit, V : 88 volts; I : 0,11 ampère. Le courant est celui de la ville, fréquence

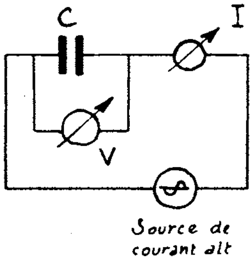


FIG. 125

Mesure de la valeur d'un condensateur C en farads, la fréquence du courant étant connue.

50 périodes par seconde. Quelle est la valeur du condensateur C en farads?

$$Z = \frac{88}{0{,}11} = 800 \text{ ohms}$$

$$C = \frac{1}{800 \times 2 \times 3{,}14 \times 50} = \frac{1}{251.200} = 0{,}00004 \text{ Farad}$$

AUTRES MÉTHODES DE MESURE. — D'autres méthodes de mesure des selfs, des condensateurs et des résistances sont basées sur le système des « ponts » : la valeur à rechercher est automatiquement comparée à la valeur d'un condensateur, d'une self ou d'un résistance étalons, c'est-à-dire de valeurs connues. On règle une manette pour obtenir qu'une aiguille marque zéro, ce qui réalise l'équilibre du pont; à ce moment, cette manette indique le rapport entre la valeur inconnue et la valeur connue de l'organe étalon.

EXEMPLE : supposons que le réglage doive être placé sur la lecture 0,35 pour que l'aiguille soit au zéro. Si le condensateur étalon vaut 1 microfarad, le condensateur de valeur inconnue a :

$$1 \times 0{,}35 = 0{,}35 \text{ microforad.}$$

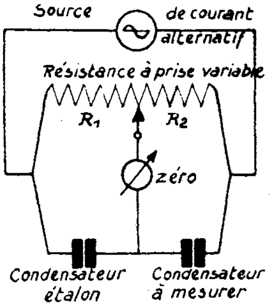


FIG. 126

Pont de mesures pour condensateurs : le rapport entre R_1 et R_2, lorsque l'appareil marque zéro, est égal au rapport entre le condensateur étalon et le condensateur à mesurer.

La figure 126 représente le schéma d'un pont pour mesures de condensateur et en explique le fonctionnement sans longs commentaires.

Il s'agit d'une adaptation du pont de Wheastone pour résistances, étudié au paragraphe 46 bis.

182. — Mesure de la puissance développée par un courant alternatif. — Le calcul de la puissance par la formule :

$$W_{(\text{watts})} = U \text{ eff.}_{(\text{volts})} \times I \text{ eff.}_{(\text{ampères})}$$

n'est juste, que si le circuit ne comprend que des résistances et s'il n'y a ni coefficient de self-induction, ni condensateur.

En effet, lorsqu'il y a self ou condensateur, ou les deux, un retard ou une avance du courant sur la d.d.p. est constaté : cela réduit d'autant la valeur de la puissance développée.

La valeur de la puissance développée par un courant alternatif est égale à :

$$W_{(\text{watts})} = U \text{ eff.}_{(\text{volts})} \times I_{(\text{amp})} \times \cos\varphi$$

Cosφ qui se dit *cosinus-phi* est un nombre plus petit que 1 et dont la valeur exacte dépend de la valeur de l'angle de retard ou d'avance du courant.

On mesure les puissances directement avec un wattmètre pour courants alternatifs, le wattmètre étant la combinaison d'un ampèremètre thermique et d'un voltmètre thermique, tous deux étant ainsi insensibles au changement de sens du courant (voir paragraphes 105 et 110).

DIX-SEPTIÈME LEÇON

ALTERNATEURS ET ALTERNO-MOTEURS

1° ALTERNATEURS

L'alternateur est un générateur transformant l'énergie mécanique en énergie électrique *sous la forme de courant alternatif.*

Le générateur obtiendra ce résultat en créant et en entretenant entre deux pôles, ou deux groupes de pôles associés, une différence de potentiel alternative.

183. — Principe de fonctionnement d'un alternateur simple. — En principe, l'alternateur doit comprendre : un inducteur, un induit et un système collecteur; le premier créant un champ

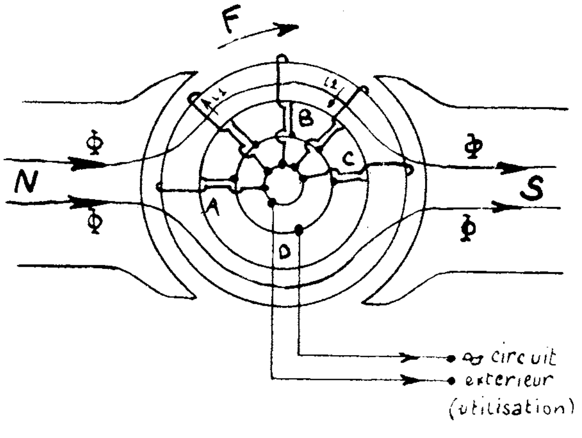


Fig. 127
Principe de fonctionnement d'un alternateur simple.

magnétique, le second tournant dans ce champ et étant ainsi le siège du courant induit, le collecteur recueillant le courant.

Pour obtenir un courant alternatif en partant d'une dynamo, il suffira de modifier le système collecteur.

Soit deux bagues de cuivre placées sur l'axe de l'induit et tournant avec lui, un contact frottant sur chaque bague et assurant le branchement au circuit extérieur (utilisation). Les spires de l'induit

sont coupées, et les bagues sont reliées aux extrémités de chaque spire, ainsi, celles-ci se referment chacune sur le circuit extérieur (voir fig. 127).

Le raisonnement fait pour les spires de l'induit d'une dynamo (paragraphe 112) est applicable aux spires représentées fig. 127. L'induit tourne dans le sens F.

Au point A, région de champ nul, le courant induit est nul. Entre A et B, le champ est croissant et le courant induit a le sens i_1 ; en B, ce courant est maximum, le champ étant maximum.

De B vers C, le champ décroît et le courant induit a changé de sens, il a le sens i_2, contraire; sa valeur passera par zéro au point C (champ nul), il continuera à décroître par rapport au sens i_1 pour

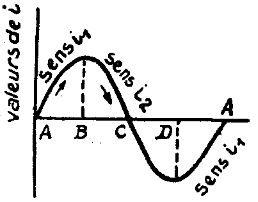


FIG. 128

Graphique de la variation du courant dans les spires de l'induit représenté fig. 127.

avoir sa valeur maximum dans ce sens au point D; de D à A, le sens s'inverse à nouveau et il croît pour revenir à zéro.

Le graphique de la figure 128 traduit ces variations. Nous sommes en présence d'un courant alternatif et une période est obtenue pour une rotation complète.

Ce courant alternatif produira entre les extrémités des spires, donc entre les deux bagues, une différence de potentiel alternative.

184. — Alternateurs à pôles multiples. — Il suffit de construire un inducteur présentant vers l'induit une couronne de pôles alternés : un pôle nord, un pôle sud, et la variation sera ainsi beaucoup plus rapide. Dans ce cas, la fréquence sera telle que : il y aura autant de périodes par tour qu'il y aura de fois deux pôles dans le nombre total des pôles. On multipliera le nombre de périodes par le nombre de tours à la seconde pour trouver la fréquence du courant. C'est ainsi que sont réalisés les alternateurs haute fréquence; la figure 129 représente un fragment d'inducteur en couronne.

185. — Parties mobiles des alternateurs. — L'un ou l'autre des organes peut tourner. C'est ainsi que l'on aura :

1° LES ALTERNATEURS A INDUIT TOURNANT ET INDUCTEUR FIXE. C'est ce type que nous avons utilisé pour notre démonstration.

2° LES ALTERNATEURS A INDUIT FIXE ET INDUCTEUR TOURNANT. Ils sont très employés, les bagues servent alors au branchement des enroulements de l'inducteur.

3° Les alternateurs a fer tournant. L'induit est fixe, l'inducteur aussi, mais une pièce de fer doux excitée par l'inducteur tourne et modifie ainsi le champ magnétique. Dans ce cas, il n'y a plus besoin de bagues, les enroulements étant fixes.

Dans un alternateur, l'organe mobile s'appelle *rotor;* l'organe fixe s'appelle *stator.*

186. — Excitation de l'inducteur. — C'est avec du courant continu qu'il faut alimenter l'inducteur. Dans les gros alternateurs de centrales électriques, c'est une dynamo appelée *excitatrice* qui est entraînée en même temps que l'alternateur et qui fournit le courant continu à l'inducteur de l'alternateur.

On fait de petits alternateurs dans lesquels il y a un induit de plus, avec collecteur qui leur donne du courant continu directement utilisé pour l'inducteur.

187. — Description d'un alternateur à fer tournant. — Ce petit alternateur fut employé sur les avions : une hélice mue par le vent l'entraîne; l'alternateur est placé sous une aile.

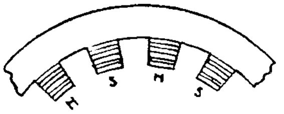


Fig. 129

Inducteur en couronne d'un alternateur à fréquence élevée

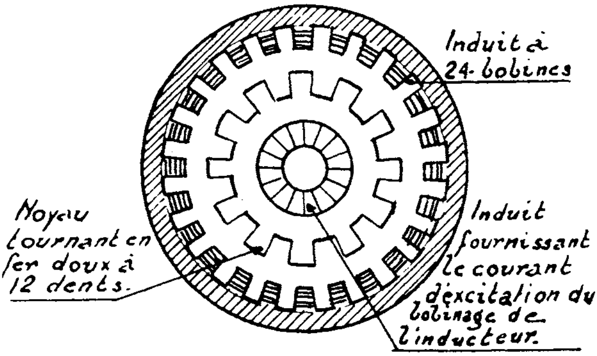


Fig. 130

Coupe schématique d'un alternateur à fer tournant Le bobinage inducteur, non représenté, ceinture la roue dentée de fer doux, mais reste fixe.

L'induit est en couronne (comme l'inducteur fig. 129) et comprend 24 bobines. L'inducteur est un fort bobinage alimenté par un induit à courant continu. Le champ développé est rendu variable par la rotation d'une roue de fer doux à douze dents (fig. 130). La

fréquence obtenue à 4.500 tours/minute, donc 75 tours/seconde, est de 900 périodes/seconde (75 × 12).

188. — Alternateurs triphasés. — Les enroulements d'induit d'un alternateur étant réalisés en trois parties décalées de 120°, on obtient un courant triphasé (voir paragraphe 153).

2° ALTERNO-MOTEURS

Les alterno-moteurs ou moteurs pour courant alternatif transforment l'énergie électrique en énergie mécanique : *rotation.*

Ils sont réalisés de différentes manières et chaque type possède des qualités très différentes.

On appelle *moteurs synchrones* ceux dont la vitesse dépend de la fréquence du courant, et dont la vitesse reste donc constante, la fréquence d'un réseau électrique étant généralement constante.

On appelle moteurs *asynchrones* ceux dont la vitesse est indépendante de la fréquence du courant.

189. — Moteurs synchrones à champ magnétique constant. — Ce sont des alternateurs simples que l'on inverse : on leur envoie un courant alternatif, l'inducteur étant toujours excité par du courant continu, et le rotor se met à tourner.

VITESSE. — Le nombre de tours à la seconde est égal à la fréquence du courant (nombre de périodes en une seconde) divisée par le nombre de pôles. La vitesse est donc constante.

INCONVÉNIENTS. — 1° Ils ne démarrent pas seuls, il faut les lancer de façon à ce qu'ils atteignent la vitesse pour laquelle ils sont construits.

2° Il faut leur fournir en plus du courant continu pour l'inducteur.

EMPLOI. — Comme petits moteurs, car l'inducteur est alors un aimant et le deuxième inconvénient n'existe plus. Ils peuvent équiper les horloges électriques.

190. — Moteurs synchrones pour courants triphasés. — Ce sont des alternateurs pour courant triphasé : comme les moteurs précédents, leur vitesse dépend de la fréquence, il faut les lancer au démarrage, et, pour les gros moteurs, il faut du courant continu pour l'inducteur.

191. — Moteurs d'induction. — Ce sont des moteurs asynchrones, leur vitesse est variable et on les construit facilement.

Le *stator* est un inducteur que l'on fait parcourir par le courant alternatif, il s'ensuit un champ magnétique variable, que l'on peut considérer comme « champ tournant » lorsque le courant alternatif est triphasé au lieu d'être simple.

Le *rotor* est constitué par des enroulements fermés sur eux-mêmes bobinés sur un cylindre de tôles métalliques.

Le champ magnétique étant variable entretient dans les spires du rotor un courant induit qui s'oppose à la cause, l'opposition entraîne la répulsion du rotor, donc sa rotation.

La *vitesse* est déterminée par le nombre de spires du stator et du rotor, la fréquence et l'intensité du courant.

Le moteur d'induction démarre de lui-même. Sa vitesse peut être réglée en admettant plus ou moins d'intensité de courant grâce à un rhéostat.

Les moteurs d'induction, sur courants diphasés ou triphasés, ont un rendement plus intéressant que ceux sur courant simple (monophasé) ; pour les grosses installations mécaniques ils sont donc utilisés.

192. — Moteurs universels pour courant alternatif ou courant continu. — Ce sont exactement les *moteurs pour courant continu* à excitation série étudiés aux paragraphes 121 et 123. En effet, le sens de rotation ne change pas lorsque l'on inverse le sens du courant; un courant alternatif convient donc pour leur fonctionnement.

Ils démarrent d'eux-mêmes, ont un assez bon rendement et sont utilisables sur tous courants, ce qui les rend précieux pour les outils portatifs (petites perceuses électriques, aspirateurs, ventilateurs, moteurs de phono, etc...).

Ils produisent des étincelles au collecteur, ce qui gêne les réceptions Radio à distance; il faut, pour éviter cette influence, placer entre chaque balai et la terre un condensateur de valeur 0,1 à 1 microfarad.

DIX-HUITIÈME LEÇON

LES TRANSFORMATEURS

193. — Rôle du transformateur. — Le grand avantage du courant alternatif sur le courant continu est d'être très aisément transformable, c'est-à-dire que l'on peut facilement *changer la valeur de sa tension* pour une valeur beaucoup plus élevée ou beaucoup plus basse, tout en conservant sensiblement la *même puissance*, mais l'intensité variant en sens inverse de la tension.

EXEMPLE : on a une tension de 110 volts avec un courant de 2 ampères. La puissance est donc de : $110 \times 2 = 220$ watts. Par transformation, on pourra obtenir une tension quatre fois plus élevée, grâce à un appareil appelé transformateur; elle sera donc de 440 volts. La puissance de 220 watts nécessaire sera obtenue avec courant de : $220 : 440 = 0,5$ ampère. L'intensité, elle, doit donc être divisée par 4.

Ces opérations seront réalisées pour un courant alternatif, grâce à un organe très simple appelé *transformateur*. Elles seraient impossibles à réaliser avec un courant continu.

194. — Etablissement d'un transformateur. — Le courant à transformer parcourt une bobine de fil fin enroulée sur un noyau de fer doux, ceci constitue le *circuit primaire*. Sur le même noyau,

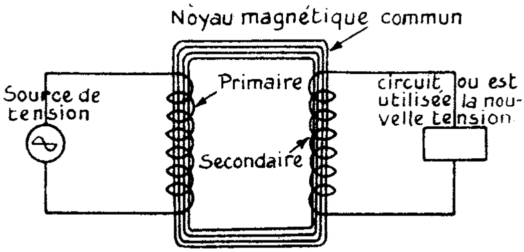


FIG. 131
Schéma d'un transformateur avec le circuit primaire l'alimentant et le circuit secondaire qu'il alimente.

une autre bobine ou *circuit secondaire* est enroulée, elle n'a aucune liaison électrique avec la première. C'est aux bornes de ce circuit secondaire que l'on recueille la nouvelle tension (fig. 131).

C'est l'application directe du cas considéré au paragraphe 92 : le courant alternatif est un courant variable, d'où, champ magnétique variable dans le noyau, d'où f.é.m. de self-induction dans le secondaire placé dans ce champ magnétique variable.

195. — Rapport d'un transformateur. — *Le rapport entre la tension aux bornes du primaire et la tension aux bornes du secondaire est égal au rapport entre le nombre de spires du primaire et le nombre de spires du secondaire.* S'il y a n_1 spires au primaire, n_2 spires au secondaire, que la tension au primaire est E_1, la tension au secondaire E_2 sera telle que :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

EXEMPLE : S'il y a 1.000 tours au primaire et 4.000 au secondaire, il suffira d'appliquer une tension de 1 volt au primaire pour avoir 4 volts au secondaire; avec 15 volts au primaire, la tension secondaire serait 60 volts.

Le rapport entre l'intensité du circuit primaire et l'intensité du circuit secondaire est inverse du rapport du nombre des spires.

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

EXEMPLE : Si $i_1 = 8$ ampères, que $n_1 = 1.000$ tours et $n_2 =$ 4.000 tours (rapport 1/4) comme ci-dessus : $i_2 = \frac{8}{4} = 2$ ampères

La puissance ne varie pas puisque l'on a :

$$15_{(\text{volts})} \times 8_{(\text{ampères})} = 60_{(\text{volts})} \times 2_{(\text{ampères})}$$

(ceci en principe seulement, car il y a des pertes de 10 à 15 % de la puissance)

On appelle rapport du transformateur le rapport entre le nombre de tours du primaire et le nombre de tours du secondaire. Il est égal aussi à la racine carrée du rapport des impédances primaire et secondaire :

$$R = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{et aussi : } R = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

Le transfo est *éleveur de tension* si le rapport est plus petit que 1 : exemple, 1/4 pour l'exemple de 1.000 tours au primaire et 4.000 au secondaire; le transfo est *abaisseur de tension* si le rapport est plus grand que 1 ; exemple : 3/1 ; 8/1 (exemple : un transfo ayant 16.000 t. au primaire et 2.000 t. au secondaire). Il est évident qu'en employant le secondaire comme primaire et vice-versa, un transfo 1/5 devient un transfo 5/1.

196. — Calcul d'un transformateur. — On calcule la puissance demandée par le ou les secondaires en multipliant chaque tension demandée par chaque intensité demandée; cette puissance augmen-

tée d'un faible coefficient pour les pertes est égale à la puissance primaire.

On peut alors choisir le diamètre des fils de chaque enroulement; il doit être suffisant pour l'intensité à assurer. On se base en général sur 2 ampères maximum par mm^2 de section.

Pour le nombre de spires de base (car un transfo 1/4 pourrait se faire avec 1 tour primaire et 4 tours secondaire), on adopte un « nombre de tours par volt » minimum, cette valeur est à déterminer d'après les dimensions du transformateur, la nature et la section du noyau magnétique. Les constructeurs ont des tableaux établis pour cela, tableaux déterminés par l'expérience. (Exemple de valeur : **3 tours** par volt).

197. — Noyau du transformateur. — Il y a lieu de considérer quelle est la fréquence du courant utilisé.

Pour les courants alternatifs à basse fréquence comprise entre 20 *et* 20.000 *périodes* (courants industriels d'énergie électrique : 25/50 p; courants téléphoniques : 1.000 p; courants à fréquence musicale : 100 à 20.000 p.) *il faut un noyau magnétique.* Ce noyau magnétique doit être *feuilleté,* c'est-à-dire formé de tôles fines et isolées entre elles afin d'éviter les pertes de puissance par courants de Foucault.

Pour les courants alternatifs à haute fréquence (comme celles employées en Radio), *le noyau magnétique ne peut être employé que sous la forme de poussière de fer noyée dans un isolant.* Cet emploi est encore rare et réservé à des fréquences bien définies (comprises entre 800.000 et 1.500.000 périodes : gamme des « petites ondes » de Radio). En effet, pour les fréquences plus élevées, les pertes dans le fer s'accroissent beaucoup trop.

Pour les courants alternatifs à très haute fréquence, il n'y a pas de noyau magnétique. Pour les raisons ci-dessus, il serait nuisible.

Il y a lieu de bien considérer que le transformateur ne nécessite pas de noyau pour son fonctionnement : le noyau permet seulement, pour les transformateurs basse fréquence, d'améliorer le rendement en concentrant le champ magnétique produit.

198. — Emplois des transformateurs. — Grâce à eux, l'énergie électrique sous forme de courant alternatif est devenue transportable et exploitable économiquement.

USAGE INDUSTRIEL. — Pour transporter de grandes puissances (des milliers de kilowatts partent des centrales électriques) si on utilisait la tension normale d'utilisation, l'intensité serait considérable (exemple : 550.000 kilowatts sous 110 volts = 5.000 ampères). Pour éviter les pertes en ligne, les pertes en effet Joule, les conducteurs devraient être très peu résistants et d'une section énorme : lourds et très chers, si on arrivait même à les réaliser.

Avec le courant alternatif, le problème est résolu facilement; au départ, un *transformateur éleveur de tension* élève les 500 volts fournis

par l'alternateur à 110.000 volts par exemple (rapport 1/220). L'intensité en ligne ne sera donc que $\frac{550.000 \text{ kW}}{110.000} = 5$ ampères. Les conducteurs peuvent être beaucoup plus fins, plus légers, moins

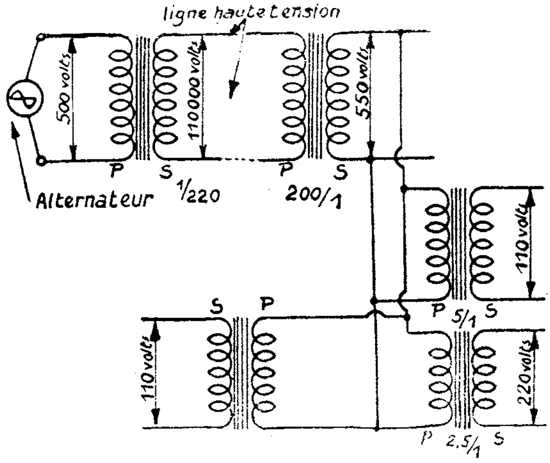


FIG. 132

Schéma d'une installation de transport d'énergie électrique sous forme de courant alternatif.

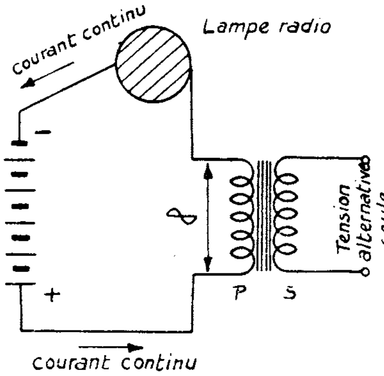


FIG. 133

Schéma simple d'un circuit de récepteur radio sujet à un courant alternatif à basse fréquence: le transformateur le transmet sans transmettre le courant continu

chers, et les pertes en ligne beaucoup plus faibles. C'est une *ligne de transport à haute tension.*

A l'arrivée, des *transformateurs abaisseurs de tension* redonneront

à chaque circuit la tension d'utilisation désirée (110 ou 220 volts par exemple) (voir fig. 132).

USAGE DES TRANSFORMATEURS DANS LES APPAREILS RADIO. — Tout comme les condensateurs, les transformateurs permettront de séparer les circuits électriquement au point de vue courant continu *tout en transmettant de l'un à l'autre la composante alternative désirée.* La figure 133 réalise ainsi, à l'aide d'un transfo, un dispositif ayant le même rôle que celui de la figure 114 utilisant un condensateur (voir paragraphe 166).

Les transformateurs seront utilisés pour fournir aussi les diverses tensions très différentes que peut demander *l'alimentation* des lampes d'un récepteur Radio : 4 volts, 6 volts, 250 volts, etc..., à partir de la tension fournie par le secteur électrique, 110 volts généralement.

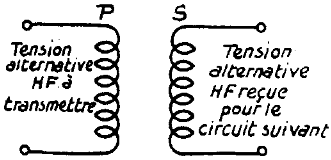


FIG. 134
Représentation schématique d'un transformateur pour courants haute fréquence (postes Radio).

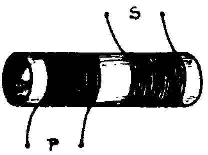


FIG. 135
Exemple d'un transformateur HF « petites ondes » de poste radio.

Enfin, en haute fréquence, c'est-à-dire dans les circuits récepteurs recevant directement le signal issu de l'onde (fréquence de l'ordre de 1.000.000 de périodes), les *transformateurs haute fréquence*, composés simplement de deux bobinages voisins, sans noyau (voir paragraphe 197) sont employés pour transmettre le signal d'un circuit à un autre (fig. 134).

BOBINES D'INDUCTION. — La bobine d'induction étudiée au paragraphe 92 à propos des lois de l'électromagnétisme, est très exactement un transformateur. La coupure régulière du courant primaire rend celui-ci comparable à un courant alternatif, et il y a donc une tension au secondaire, d'autant plus élevée que le nombre de tours y est plus grand par rapport au primaire.

REMARQUES SUR LES TRANSFORMATEURS. — Il y a lieu de bien noter qu'un transformateur ne change pas la *fréquence* du courant ; la fréquence du courant secondaire est exactement égale à celle du courant primaire. Seules diffèrent la tension et l'intensité si le rapport du nombre de tours primaire et du nombre de tours secondaire est différent de 1.

DIX-NEUVIÈME LEÇON

REDRESSEMENT DES COURANTS ALTERNATIFS

Si le courant alternatif est la forme la plus pratique d'énergie électrique, il y a cependant bien des cas d'utilisation où seul un courant continu peut être employé.

On appelle redressement d'un courant alternatif sa transformation en courant continu.

Cette opération est nécessaire pour la charge d'accus, par exemple, l'alimentation des lampes de postes Radio, l'électrolyse de l'eau, etc..., où seul un courant continu peut être employé, si l'on ne dispose que d'une source de tension alternative.

Cette source de tension alternative aura permis, grâce à des transformateurs, d'obtenir, avant redressement, les tensions les plus diverses que peuvent demander les circuits.

199. — Principe du redressement d'un courant alternatif. — Soit la figure 136. En A est représenté le graphique de variation du courant alternatif établi dans un circuit.

Si nous plaçons en série dans ce circuit *un dispositif tel que le courant ne puisse le traverser facilement que dans un seul sens*, nous aurons le graphique tracé en B.

On voit que les valeurs négatives du courant sont presque complètement supprimées; ce dispositif est appelé *redresseur.*

Si un *condensateur* de capacité assez grande (d'autant plus grande que la fréquence du courant est basse, et que la tension est moins élevée) 1 μF par exemple, pour le secteur 110 volts à 50 périodes, est placé après le redresseur *en parallèle sur le circuit d'utilisation,* il se charge pendant les alternances positives et profite des « vides » pour se décharger. Le courant n'est plus interrompu, mais devient un courant « ondulé » dont la valeur moyenne est bien continue (graphique et schéma en C).

D'autre part, il est possible d'obtenir le *redressement de deux alternances.* Un transformateur possède un secondaire « à prise médiane » : dans chaque moitié de l'enroulement prend naissance une tension alternative de sens opposé à celle de l'autre moitié; en effet, le sens d'enroulement est inverse en partant du milieu, suivant que l'on va vers l'une ou vers l'autre extrémité de l'enroulement. On place deux redresseurs dans chaque branche, ces circuits se refermant par le circuit d'utilisation qui leur est commun. A chaque alternance, posi-

tive ou négative, il y en a une qui parvient, soit par un redresseur, soit par l'autre. Les deux effets se totalisent dans le circuit, et le courant ondulé obtenu (graphique et schéma en B') est bien plus constant que le courant interrompu obtenu en redressant une seule alternance (en B).

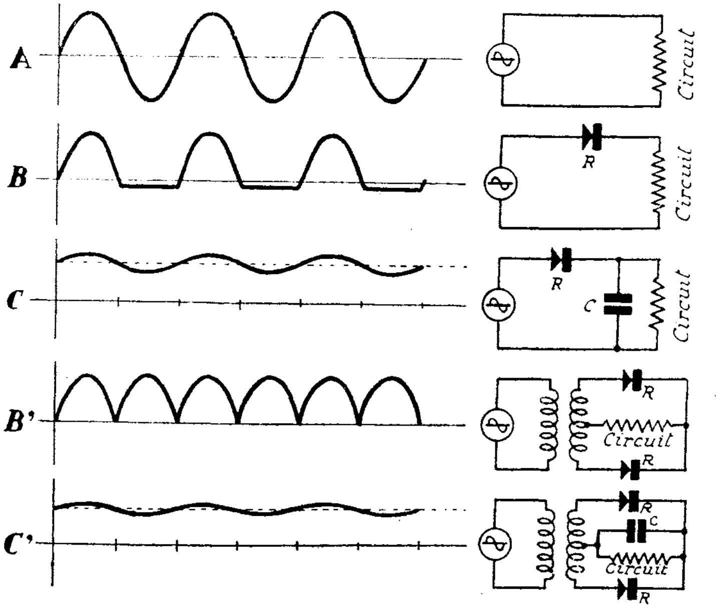


Fig. 136

Redressement d'un courant alternatif soit par suppression de l'alternance négative (A.B.C.), soit par suppression de deux alternances opposées dans deux circuits et totalisation dans le circuit d'utilisation (A.B'C').

A - Courant alternatif établi dans un circuit.
B - Courant alternatif redressé sur une alternance.
C - Courant continu ondulé
si un condensateur se décharge pendant l'alternance absente.
B[1] - Courant alternatif redressé sur deux alternances.
C[1] - Courant continu ondulé si un condensateur se décharge
deux alternances étant redressées.

Il est possible de réduire encore l'ondulation en plaçant comme en C un condensateur en parallèle sur le circuit d'utilisation : le graphique et le schéma C' montrent le résultat presque parfait obtenu : l'ondulation a une fréquence double, mais elle a une amplitude très faible. Le courant continu moyen obtenu est représenté dans les graphiques C et C' par la ligne pointillée.

200. — Valeur de la tension continue redressée d'après la valeur de la tension alternative fournie. — Elle sera un peu plus faible que la tension alternative *de crête*. Elle

peut, par conséquent, être supérieure à la tension efficace, surtout si le condensateur a une capacité suffisante.

EXEMPLE : 110 volts alternatif peuvent fournir 125 volts continu. Il y a une faible chute de tension dans le redresseur, puisqu'il se trouve en série dans le circuit.

201. — Redresseurs. — Le redresseur doit laisser passer facilement le courant dans un sens, et opposer une très forte résistance dans l'autre sens. Différents dispositifs sont possibles; quelques-uns seulement servent en pratique.

REDRESSEUR ÉLECTROLYTIQUE OU SOUPAPE. — Une lame d'aluminium pur et une tige de plomb plongent dans une solution de bicarbonate de soude (fig. 137). Le courant passe bien plus facilement dans le sens plomb-aluminium que dans le sens aluminium-

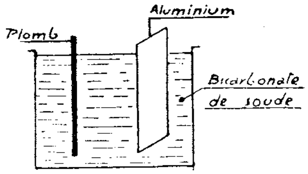


FIG. 137

Soupape électrolytique pour redressement de courants alternatifs.

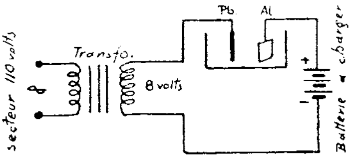


FIG. 138

Charge d'une batterie de 4 volts à l'aide du courant alternatif par une soupape électrolytique.

plomb. Ces soupapes très simples à construire sont utilisées pour charger les accus lorsque l'on n'a qu'un courant alternatif à sa disposition (fig. 138).

Redresseurs électroniques

REDRESSEUR PAR VALVE DE T. S. F. (appelée aussi lampe *diode*). — Là aussi, le courant ne peut passer que dans un seul sens. Nous en verrons le fonctionnement dans l'étude de la Radio (voir paragraphe 244).

REDRESSEUR PAR AMPOULE « TUNGAR » OU VALVES A VAPEUR DE MERCURE. — Le fonctionnement s'apparente à celui des valves de T. S. F.; mais l'ampoule est remplie d'un gaz rare : argon pour le type Tungar, ou vapeur de mercure. Ces dispositifs sont surtout utilisés pour la charge des accumulateurs et nous verrons leur mode d'emploi au chapitre « Technologie des dispositifs d'alimentation des appareils militaires » (paragraphe 321).

Redresseurs par semi-conducteurs solides

REDRESSEURS OXYDE-CUIVRE. — Nous en avons parlé à propos des voltmètres pour tensions alternatives (paragr. 178 et fig. 122). Les rondelles de cuivre sont oxydées sur une seule face et sont empilées; le courant passe plus facilement dans le sens oxyde-cuivre que dans le sens inverse.

REDRESSEURS SECS AU SÉLÉNIUM. — Ils parviennent à un faible encombrement pour des intensités redressées déjà importantes (types 60 m A, 120 m A, 200 m A). Les rondelles empilées associent le sélénium et le fer, grâce à un dépôt électrolytique. On les emploie pour les redresseurs HT (100 à 450 volts) sur les récepteurs, amplis, etc...

Redresseurs secs à cristaux et contacts imparfaits

(cristaux de galène ou sélénium ou germanium)

REDRESSEUR PAR POINTE ET CRISTAL (appelé aussi *détecteur à galène*). — Une pointe métallique très fine de cuivre ou d'argent est en contact léger avec un des cristaux d'un morceau de galène, minerai naturel. Le courant passe bien plus facilement dans le sens pointe-galène que dans le sens galène-pointe (fig. 139).

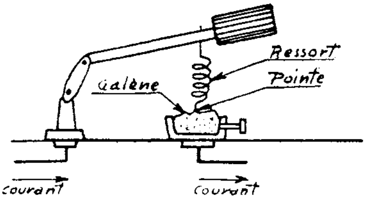


FIG. 139
Détecteur à galène qui n'est pas autre chose qu'un petit redresseur.

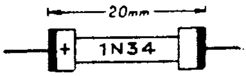


Fig. 139 *bis*
Détecteur à Germanium Sylvania.

Ce redresseur, qui a le défaut de se dérégler lorsque la pointe se déplace sur la galène (il faut chercher le meilleur point de contact), est très employé pour supprimer une alternance sur deux du très faible courant alternatif à haute fréquence que produit une onde de Radio : « postes à galène ». Il n'est pas utilisé pour les courants alternatifs de fréquence industrielle.

Dans les redresseurs modernes, silicium ou germanium, comme les 1 N 34, 1 N37, etc., de Sylvania, de General Electric, de CSF, Radiotechnique, CFTH Westinghouse-France, le cristal est enfermé dans une cartouche et la pointe est immobilisée. Comme la capacité est infime entre pointe et cristal, ces détecteurs à cristaux modernes sont très employés pour redresser les courants à très haute fréquence des ondes décimétriques et centimétriques : redressement dans les étages changeurs de fréquence des récepteurs très récents de « radar », etc...

CARACTÉRISTIQUES D'UN REDRESSEUR. — Un redresseur est caractérisé par l'intensité maximum du courant qu'il peut admettre. Lorsqu'un redresseur est insuffisant pour le débit à assurer, on en place plusieurs en parallèle.

Une soupape électrolytique peut assurer un débit de quelques dizaines de milliampères, une valve de Radio peut assurer un débit de 50 à 200 milliampères; un élément oxyde-cuivre, un débit d'une dizaine de milliampères seulement; mais on en place plusieurs en parallèle.

202. — Filtrage du courant redressé pour obtenir un courant continu pur. — Si l'ondulation du courant redressé obtenu par les dispositifs des schémas C et C', et même à la rigueur B et B' (fig. 136), ne gêne pas pour la charge d'accus, bien des utilisations et notamment l'alimentation des lampes de Radio, réclament un courant continu parfait, sans ondulation qui amènerait un ronflement dans les réceptions Radio.

On place en série dans le circuit un « filtre » : une self, à fer lorsque la fréquence est de 25 à 100 périodes/seconde, cas des secteurs alternatifs, arrête la composante alternative qui ondule le courant. Les *condensateurs* de forte capacité lui livrent passage. A la sortie du filtre, on a une tension et un courant de valeurs continues, constantes (fig. 140). Nous avions indiqué cette application des effets d'une self et des condensateurs à la fin du paragraphe 172.

203. — Transformation d'un courant continu en courant alternatif. — Ce problème inverse, est plus rarement rencontré, et il est plus difficile à résoudre. Il se pose lorsque la source donne une tension continue de valeur insuffisante (accu par exemple) et que l'on a besoin d'une tension plus élevée. Pour pouvoir faire usage d'un transformateur, il faut d'abord transformer le courant continu en courant alternatif.

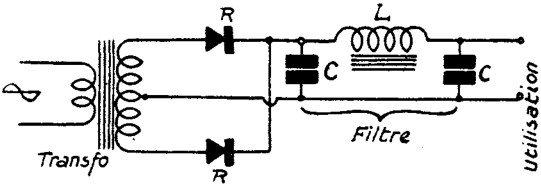


Fig. 140

Filtrage du courant à la suite d'un redressement à 2 alternances : le courant à la sortie est parfaitement régulier. R, redresseurs; C, condensateurs de 2 à 16 microfarads; L, self à fer de 10 à 50 henrys.

Méthode par vibreur. — C'est la plus employée lorsque la source est un accu ou une pile. Le vibreur est un contact qui, grâce à un électro-aimant qui l'attire, coupe le courant sitôt qu'il est établi. Il s'ensuit une coupure intermittente du courant qui peut être considéré, à la rigueur, comme alternatif. C'est le dispositif que nous avons décrit pour la bobine d'induction au paragraphe 92.

Méthode par commutatrice. — Une dynamo possède un deuxième induit avec bagues construit comme celui d'un alternateur. Lorqu'on envoie le courant continu sur le premier induit de la dynamo, elle tourne comme moteur et l'on recueille le courant alternatif au deuxième induit. L'opération inverse pour obtenir du continu lorqu'on a de l'alternatif est possible.

Ce dispositif est employé pour les grosses installations industrielles.

Méthode par groupe convertisseur. — Un moteur pour courant continu entraîne sur son arbre un alternateur. La méthode est donc semblable à celle de la commutatrice. Ici aussi, le dispositif est réversible. Ce dispositif est employé surtout pour les moyennes puissances (industrie — installations de gros postes Radio ou amplificateurs de son).

Nous reverrons tous ces procédés dans la troisième partie « Technologie ».

DEUXIÈME PARTIE

THÉORIE DE LA RADIO

VINGTIÈME LEÇON

PRINCIPES DE LA RADIOTRANSMISSION

Le radiotransmission, sous forme de radiotélégraphie ou de radiotéléphonie est une transmission de *signaux*, grâce à un *transfert d'énergie* entre un poste *émetteur* et un ou plusieurs postes *récepteurs*. Ce transfert d'énergie est effectué grâce à un *rayonnement* sous la forme d'*ondes*.

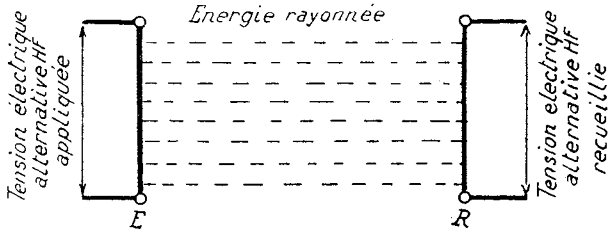


FIG. 141

Principe de la radiotransmission. — E, antenne de l'émetteur (ou radiateur d'ondes) ; R, antenne du récepteur. Si en R une tension de 10 microvolts est développée, ces 10 microvolts sont une fraction de l'énergie appliquée en E : 60 kilowatts par exemple ; et la tension en R a exactement la fréquence de celle appliquée en E.

204. — Rayonnement électromagnétique. — L'énergie rayonnée par l'émetteur se manifeste à distance sous la forme d'un

champ électrique variable et d'un *champ magnétique variable.* Le récepteur pourra donc traduire l'un ou l'autre en une énergie électrique variable, donc en un courant alternatif.

Ce rayonnement électromagnétique a lui-même été causé par l'application sur le radiateur (*antenne* de l'émetteur) d'une énergie électrique alternative à haute fréquence.

On peut donc dire que l'énergie développée dans les circuits du récepteur est une portion de l'énergie rayonnée par l'émetteur; mais comme cette portion recueillie est très faible, il faudra le plus souvent l'amplifier (fig. 141).

205. — Fréquence du rayonnement électromagnétique. — Pour qu'il y ait rayonnement, il faut que la fréquence de l'énergie alternative appliquée au radiateur soit très élevée : haute fréquence et l'intensité du courant dans le radiateur très grande.

La fréquence des champs variables développés par le rayonnement, comme la fréquence de l'énergie électrique alternative développée dans le récepteur par ces champs variables, est exactement égale à la fréquence de l'énergie rayonnée au départ.

Cette fréquence est la fréquence du rayonnement, et comme toute fréquence, elle s'évalue en périodes par seconde. Comme elle peut atteindre ou dépasser largement le million de périodes/seconde; on l'exprime plutôt en *kilocycles par seconde* (kc/s).

1 kilocycle/seconde = 1.000 périodes/seconde

L'appellation normalisée est kilohertz (abrév. : kHz).

EXEMPLE : le rayonnement de l'émetteur Radio-Paris (ou Radio National) a une fréquence de 182 kc/s, donc 182.000 périodes seconde.

La fréquence du rayonnement électromagnétique est la grandeur qui le caractérise; car le rayonnement électromagnétique est un phénomène vibratoire comme la lumière, les rayons X, etc... Nous allons préciser ce point.

206. — Fréquences des différents phénomènes vibratoires. — OSCILLATION MÉCANIQUE. — Le déplacement d'un balancier est une oscillation, visible, autour d'un état de repos : cette oscillation peut être traduite par une fonction (fig. 142) analogue aux fonctions périodiques étudiées à propos des courants alternatifs (paragraphes 135 à 148, dixième leçon). La fréquence est très faible : une ou quelques périodes à la seconde.

SON. — Le son est une vibration qui se propage dans la matière : air, eau, etc. La hauteur du son est déterminée par la fréquence des oscillations : 32 périodes à la seconde donnent un son très grave, le

premier *do* du clavier d'un piano; 435 périodes à la seconde donnent le *la* du diapason; 10.000 périodes à la seconde donnent un son très aigu, déjà difficilement perceptible.

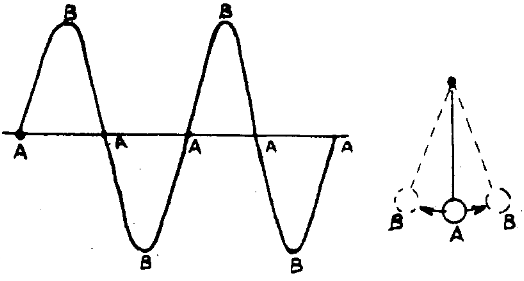


Fig. 142

Graphique (fonction) du déplacement d'un balancier : A, position de repos; B, amplitude maximum du mouvement vers la gauche; B', amplitude maximum du mouvement vers la droite.

Au-delà de 20.000 périodes par seconde, on n'entend plus les sons, mais ces vibrations se propagent encore dans la matière : ondes ultra-sonores, utilisées pour transmission de signaux dans l'eau.

Des phénomènes physiques complexes ont pour base une vibration non plus d'un corps, mais de leur structure personnelle : la lumière par exemple, le rayonnement électromagnétique aussi. Nous allons les situer dans l'échelle des fréquences.

Rayonnement : ondes. — Le phénomène de rayonnement électromagnétique connu sous le nom d'*ondes* et qui permet la radiotransmission, présente une fréquence pouvant être comprise entre 15.000 périodes par seconde et plusieurs milliards de périodes.

On peut diviser la gamme des ondes connues en :

Très grandes ondes......	Fréquence comprise entre 15.000 et 100.000 pér. par sec. (15 et 100 kc/s).
Grandes ondes..........	Fréquences comprises entre 100 et 300 kc.
Ondes moyennes........	Fréquences comprises entre 300 et 500 kc.
Petites ondes...........	Fréquences comprises entre 500 et 1.500 kc.
Ondes courtes	Fréquences comprises entre 1.500 et 30.000 kc.
Ondes très courtes	Fréquences comprises entre 30.000 et 300.000 kc.
Ondes ultra-courtes	Fréquences comprises entre 300.000 et 3.000.000 kc.
Ondes centimétriques. . .	Fréquences comprises entre 3.000 et 30.000 Mc/s
Ondes millimétriques	de 30.000 à 300.000 Mc/s.

Les ondes très courtes (O.T.C.) se dénomment aussi bien très hautes fréquences *(abréviation anglo-saxonne : VHF). Les ondes ultra-courtes (O.U.C.) se dénomment aussi ultra-hautes-fréquences (U.H.F.) ou ondes décimétriques.*

On le voit, le rayonnement électromagnétique nécessite toujours une haute fréquence qui atteint plusieurs milliards de périodes à la seconde.

Rayons infra-rouges. — Au-delà de 50.000 milliards de périodes à la seconde, les fréquences très élevées sont réalisées pa les rayons infra-rouges, phénomène vibratoire qui nous apporte la *chaleur*.

LUMIÈRE. — Les fréquences de 400.000 à 850.000 milliards de périodes par seconde sont réalisées par les rayons lumineux, et chacune des couleurs : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet, possède sa fréquence propre, le violet atteint 850.000 milliards de périodes. La gamme des couleurs, tout comme la gamme des sons, n'est donc qu'une question de différence de fréquences.

RAYONS ULTRA-VIOLETS. — Ils ont une fréquence encore supérieure à celle du rayon violet, et ne sont plus visibles.

RAYONS X. — Ces radiations ont une fréquence encore supérieure : ils atteignent 10 milliards de milliards de périodes par seconde... Au-delà, viennent les rayons α et β émis par le Radium.

Il faut retenir que les phénomènes vibratoires du son jusqu'aux rayons X en passant par la lumière, comprennent le rayonnement électromagnétique plus connu sous le nom impropre d'ondes hertziennes.

Et que tout phénomène vibratoire peut être défini, caractérisé, par la valeur de la fréquence de ses vibrations, que ce soit vibrations de la matière comme pour le son, ou vibrations de structure d'une énergie rayonnée, comme pour la lumière ou « les ondes ».

207. — Vitesse de propagation du rayonnement. — Les « ondes », c'est-à-dire l'énergie rayonnée par l'émetteur de Radio, ont exactement la vitesse de la lumière, autre énergie rayonnée.

Cette vitesse est de 300.000 km. à la seconde, pour toutes les fréquences.

208. — Longueur d'onde d'un rayonnement donné. — Nous avons dit qu'un rayonnement sera différencié d'un autre uniquement par la valeur de sa fréquence. On peut se baser sur une autre valeur, déterminée par la fréquence et appelée longueur d'onde.

On appelle longueur d'onde, la distance parcourue par le rayonnement pendant la durée d'une période.

En conséquence, la vitesse étant toujours de 300.000.000 mètres à la seconde, la fréquence F étant le nombre de périodes à la seconde, la longueur d'onde en mètres λ sera :

$$\lambda = 300.000.000 : F$$

Mais si F est exprimé en kilocycles et non en périodes :

$$\lambda = \frac{300.000}{F}$$

Ainsi Paris-Inter qui a une fréquence de 164 kc/s a donc une longueur d'onde de 300.000 : 164 = 1.829 mètres.

TABLEAU DES LONGUEURS D'ONDES

Le tableau des différentes catégories d'ondes que nous avons établi au paragraphe 206 peut donc être repris en indiquant, cette fois, les

longueurs d'onde; les expressions : grandes ondes, petites ondes, s'expliquent alors d'elles-mêmes :

Très grandes ondes......	20.000	à	3.000	mètres.
Grandes ondes..........	3.000	à	1.000	mètres.
Ondes moyennes........	1.000	à	600	mètres.
Petites ondes...........	600	à	200	mètres.
Ondes courtes	200	à	10	mètres.
Ondes décamétriques. . .	100	à	10	mètres
Ondes métriques.	10	à	1	mètre
Ondes décimétriques. . .	100	à	10	cm
Ondes centimétriques. . . .	10	à	1	cm
Ondes millimétriques. . . .	10	à	1	mm

On appelle *hyperfréquences* les rayonnements de 500 à 5 millimètres de longueur d'onde, soit 600 à 60.000 Mc/s.

REMARQUES. — Plus la fréquence est grande, plus la longueur d'onde est petite.

Les émissions de Radiotéléphonie se font en ondes des gammes « grandes ondes », « petites ondes » et « ondes courtes ».

Les télécommunications, graphie ou phonie, se font :
soit en ondes moyennes : aviation - marine,
soit en petites ondes : marine - armées de terre,
soit en ondes courtes : (armées de terre surtout - aviation et marine),
soit en ondes très courtes : (liaison à faible distance de postes mobiles).

La *Radiogoniométrie* (localisation des émetteurs et des mobiles qui les portent) utilise les O.C. et les O.T.C. (paragraphes 235 et 302). Le *Radioguidage* utilise les O.T.C. Le *Radar* utilise les O.U.C. : décimétriques et surtout centimétriques (paragraphes 302-4).

209. — Radiotransmission d'un signal : radiotélégraphie et radiotéléphonie. — Le rayonnement peut déterminer dans les circuits du récepteur, s'ils sont prévus pour cela, une tension alternative qui est proportionnelle au champ rayonné par l'émetteur.

Si l'amplitude de la tension alternative est constante et que le récepteur opère le redressement de cette tension alternative (voir paragraphe 199 et 201), un courant régulier, continu, sera obtenu. Le cas est sans intérêt.

Si l'amplitude de la tension alternative variait au départ selon une variation déterminée, à la fréquence d'un son par exemple, le récepteur en opérant le redressement, obtiendrait un courant variant à cette fréquence, susceptible donc de faire varier un organe et de reproduire le son. *C'est le principe de la radiotéléphonie* : l'onde s'appelle *onde porteuse*, le son qui fait varier son amplitude s'appelle la *modulation*.

Si le son modulant l'onde porteuse est toujours le même, mais si un interrupteur manœuvré par un opérateur coupe l'onde à intervalles plus ou moins longs (traits et points de l'alphabet morse), le son reproduit par le récepteur est interrompu et reproduit les « brèves » et les « longues » du manipulateur. *C'est le principe de la radiotélégraphie.* L'onde porteuse peut même être à amplitude constante, n'être chargée d'aucun son, c'est le récepteur qui ajoutera au courant continu obtenu après redressement un son quelconque, afin de pouvoir « faire entendre » l'onde qui, coupée par le manipulateur à l'émission, donne donc les signaux morse désirés.

VINGT ET UNIÈME LEÇON

CIRCUITS OSCILLANTS ET GÉNÉRATION D'ONDES AMORTIES

1° CIRCUIT OSCILLANT

Un circuit oscillant se compose essentiellement d'une self et d'un condensateur placés en parallèle (fig. 143). Nous avons étudié ses propriétés en courant alternatif aux paragraphes 176 et 177. Nous savons qu'il existe pour ce circuit, étant donné la valeur de L et la valeur de C, une fréquence pour laquelle le circuit est en « résonance » : il présentera pour les courants de cette fréquence une impédance maximum. Or, au lieu de lui appliquer l'oscillation d'un courant alternatif, il est possible de lui faire produire lui-même une oscillation, oscillation dont la fréquence sera la fréquence de résonance.

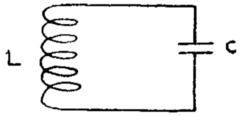


FIG. 143

Circuit oscillant
L : self.
C : condensateur.

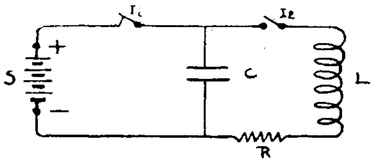


FIG. 144

Charge du condensateur C par la source S, l'interrupteur I_2 étant ouvert pour éviter que le courant continu de S passe par L. R représente la résistance de la bobine L.

210. — Décharge oscillante. — Le circuit oscillant LC est placé aux bornes d'une source de courant continu qui charge C, car on a pris soin de couper momentanément la liaison avec L pour que le courant continu ne passe pas par la self (fig. 144). Le condensateur C étant chargé, on débranche la source S, par exemple, en ouvrant l'interrupteur I_1.

La figure 145 représente les phénomènes qui se déclancheront dès que l'on fermera I_2.

Le condensateur se décharge sur la self; c'est un courant qui va en décroissant jusqu'au zéro; mais la self, en présence de ce courant variable (puisqu'il décroît) développe une f.é.m. de self-induction qui, s'opposant à la cause, recharge le condensateur *en sens inverse;* nou-

velle décharge du condensateur, qui cependant était moins chargé que la première fois, car la résistance R du circuit occasionne une chute de tension; la deuxième décharge de C sur L développe en L une nouvelle opposition qui, cette fois, recharge C dans le même sens qu'au début.

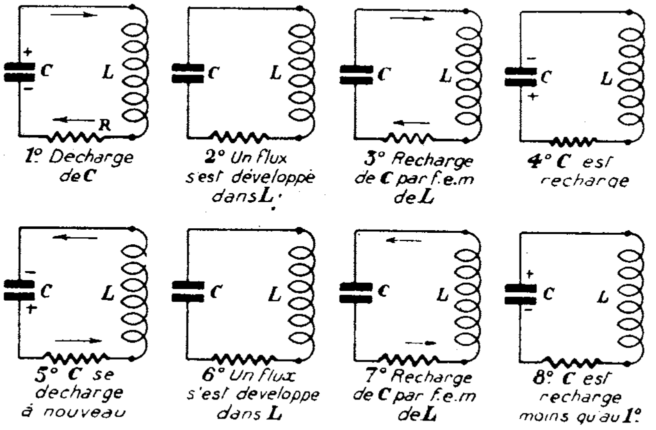


Fig. 145

Echange de courants entre C et L à la suite de la première décharge de C.

La figure 146 représente la variation du courant dans le circuit LC, il suffit de se reporter aux points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de la figure 145 pour vérifier son exactitude.

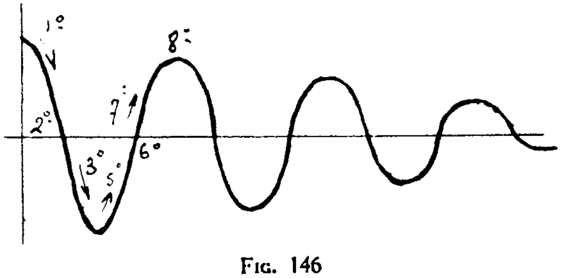


Fig. 146

Oscillations du circuit LC de la figure 145; il y a amortissement des oscillations.

La courbe serait une sinusoïde si l'amplitude ne diminuait pas à chaque alternance; c'est la résistance R du circuit qui occasionne cet *amortissement* de l'oscillation qui, à cause de cela, s'éteindra après quelques périodes.

Si R est trop grand, il n'y a pas d'oscillation du tout : le courant est trop faible pour déclancher une opposition de la part de L.

Plus R sera petit, « plus l'amortissement sera faible », plus l'oscillation durera.

Pour recommencer le phénomène, il faudrait recharger à nouveau le condensateur par la source S de la figure 144.

211. — Fréquence des oscillations. — Valeur de la période. — Longueur d'onde. — *La fréquence des oscillations d'un circuit oscillant dépend uniquement de la valeur de la self et de la valeur de la capacité.* Elle est égale à la fréquence de résonance du circuit. Comme elle (voir paragraphe 176) elle se calcule ainsi :

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

F = le nombre de périodes par seconde; $\pi = 3{,}14$; L = valeur de la self en henrys; C : la valeur du condensateur en farads.

La durée de la période serait obtenue en secondes en effectuant simplement le produit : $2\pi \sqrt{LC}$.

La longueur d'onde étant égale à la vitesse du rayonnement divisée par la fréquence, *si les oscillations du circuit sont transformées en énergie rayonnée parce qu'elles ont été appliquées à l'antenne d'un émetteur,* nous aurons :

$$\lambda = 300.000.000 \times 2\pi \sqrt{LC}$$

λ = longueur d'onde en mètres; L : valeur de la self en henrys; C : valeur du condensateur en farads.

Mais puisque 300.000.000, 2, et 3,14 sont des valeurs fixes, *et comme L est plus souvent connu en microhenrys, C en millièmes de microfarad, on obtiendra la valeur de la longueur d'onde bien plus rapidement par la formule :*

$$\lambda_{\text{(en metres)}} = 59{,}6 \times \sqrt{L_{(\mu H)} \times C_{\text{(millièmes de } \mu F)}}$$

2° GÉNÉRATION DES ONDES AMORTIES

212. — Ondes amorties. — L'oscillation d'un circuit self-capacité, si elle est renouvelée avant d'être complètement amortie, donnera une onde amortie (fig. 147).

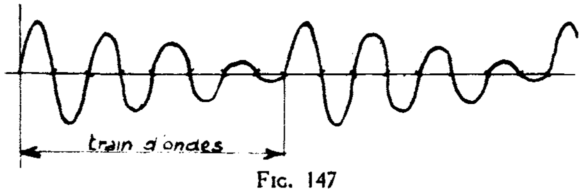


FIG. 147

Onde amortie produite par des décharges oscillantes successives.

La fréquence de l'oscillation, avec les valeurs courantes de L et C donne un grand nombre de périodes par seconde : *haute fréquence.*

Nous avons vu qu'il pouvait y avoir rayonnement d'énergie, donc radiotransmission, si l'énergie alternative appliquée était à haute fréquence, puisque les fréquences de rayonnement les plus basses sont 15.000 périodes/seconde (voir paragraphe 206).

L'onde amortie est donc apte au rayonnement : il suffira de faire osciller un circuit oscillant self-capacité, de renouveler cette oscillation, de l'appliquer à l'antenne de l'émetteur et de confier à cette onde amortie des signaux (*morse*) pour réaliser une radiotransmission.

213. — Renouvellement des décharges oscillantes : trains d'ondes. — La figure 147 qui donne le graphique des oscillations d'une onde amortie montre le renouvellement des oscillations dès qu'elles deviennent trop faibles. *L'onde amortie est ainsi une succession de « trains d'ondes ». Lorsque l'on charge le condensateur par un courant alternatif, le train d'oscillations est déclanché à chaque alternance du courant chargeur.* La figure 148 montre que l'on a supprimé la source S et l'interrupteur I_1 de la figure 144 et que S a été remplacée par une source alternative, un alternateur, par exemple.

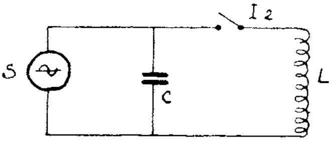


Fig. 148
La source alternative S déclanche à chacune des alternances un train d'oscillations dans le circuit oscillant LC, si l'interrupteur I_2 est fermé à chaque alternance.

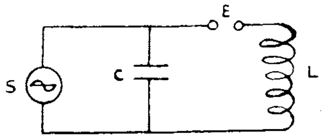


Fig. 149
Circuit oscillant complet producteur d'ondes amorties grâce à l'alternateur S et à l'éclateur E.

Cependant, l'oscillation doit être déclanchée après chaque alternance par une décharge brusque de C : il suffit de remplacer I_2, inter-

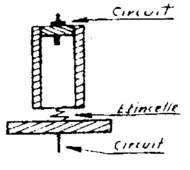


Fig. 150
Eclateur à tube et à plateau vu en coupe.

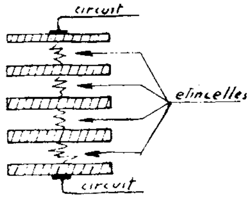


Fig. 151
Eclateur fractionné à plateaux vu en coupe.

rupteur qu'il faudrait fermer aussitôt chaque alternance de S, par un *éclateur* (fig. 149). *L'éclateur* est une coupure du circuit LC, formée

par deux boules métalliques voisines : quand le condensateur est chargé, une étincelle jaillit, et la décharge oscillante a lieu. L'éclateur remplit donc automatiquement le rôle de l'interrupteur I_2.

TYPES D'ÉCLATEURS. — On utilise, soit un tube métallique voisin d'un plateau (fig. 150), soit une série de plateaux métalliques voisins qui fractionnent l'étincelle (éclateur fractionné) (fig. 151).

214. — Emetteur simple d'ondes amorties. — Il sera équipé exactement comme l'indique le schéma de la figure 149.

Un alternateur fournira un courant alternatif dont la fréquence est assez basse (900 périodes par seconde pour l'alternateur Y employé sur les émetteurs d'avions et que le vent fait tourner).

Un condensateur C de 500 à 1.000 picofarads et une *self* L de quelques microhenrys forment le circuit oscillant.

Un éclateur fait jaillir l'étincelle de décharge.

Il suffira que la self L soit « couplée », comme un transformateur par exemple, à un circuit dont fait partie *l'antenne d'émission*, fil isolé qui joue le rôle de radiateur de l'énergie rayonnée, et le poste émetteur sera en ordre de marche (fig. 152).

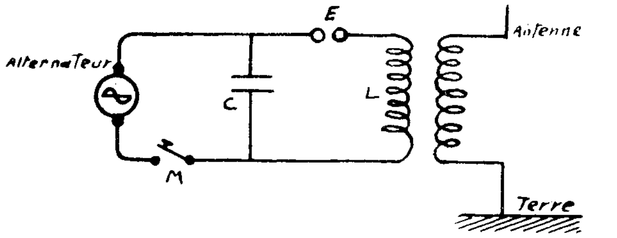


FIG. 152

Schéma simplifié d'un émetteur d'ondes amorties. Le manipulateur M permet de couper l'onde en fractions plus ou moins longues (traits et points de l'alphabet Morse).

Cet émetteur à ondes amorties est, bien entendu, simplifié ici à l'extrême. Nous verrons plus loin des installations pratiques complètes. (Voir la troisième partie de cet ouvrage : « Technologie des appareils militaires », paragraphe 284.)

FRÉQUENCE DE L'ONDE ÉMISE. — C'est celle de l'oscillation du circuit LC

donc $F = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ et, si l'on préfère connaître la longueur,

$$\lambda_{(\text{metres})} = 59{,}6 \times \sqrt{L_{(\text{microhenrys})} \times C_{(\text{millièmes de } \mu F)}}$$

(voir paragraphe 211)

En faisant varier la valeur de L ou de C (de C généralement : condensateur variable, voir paragraphe 164), on fera varier la longueur d'onde émise.

Nombre de trains d'onde. — Il est égal à la fréquence de l'alternateur, qui est aussi la fréquence de l'étincelle. Comme l'amplitude des oscillations passe par un maximum à chaque nouveau train d'ondes, cette fréquence des trains d'ondes sera celle des vibrations de l'écouteur du récepteur si celui-ci est traversé par le courant de l'onde *redressé* (voir paragraphe 209).

Le son musical à la réception a donc la fréquence des trains d'ondes, donc la fréquence de l'alternateur (900 périodes pour l'alternateur Y).

Emission des signaux morse. — Il suffit de placer un manipulateur M (voir fig. 152), qui ouvre et ferme le circuit et, par suite, découpe l'émission selon les durées plus ou moins longues (traits et points). A la réception, le son musical sera donc reproduit en sons longs et sons brefs qui correspondent aux signes de l'alphabet Morse (*lecture au son*).

215. — Inconvénients des ondes amorties. — 1° *Elles ne peuvent servir qu'à l'émission de Radiotélégraphie;* en effet, le son musical obtenu est obligatoire et fixe, et il dépend uniquement de l'alternateur; rien ne permet la transmission d'autres sons différents (parole ou musique).

2° *La portée de l'énergie rayonnée est réduite :* l'amortissement des oscillations correspond en effet à une perte d'énergie. Le fournisseur de l'énergie : l'alternateur, doit fournir bien plus de puissance qu'il n'y en a d'utilisée.

Ces deux inconvénients, qui ont fait rejeter complètement l'emploi des ondes amorties depuis de nombreuses années, nous font souhaiter une oscillation à amplitude constante, qui ne sera chargée d'aucun son par elle-même (plus de trains d'ondes), mais que l'on chargera de n'importe quel son désiré (radiotélégraphie ou radiotéléphonie) ; et si l'amplitude est constante c'est parce que l'on aura réussi à compenser l'amortissement : le rendement sera meilleur. Une telle onde s'appellera : *onde entretenue.* Nous l'étudierons dans les leçons à venir.

VINGT-DEUXIÈME LEÇON

ÉTUDE DES CIRCUITS HAUTE FRÉQUENCE

216. — Résonance d'un circuit fermé. — ACCORD. — Le circuit oscillant self et condensateur en parallèle, peut être utilisé pour transmettre un courant alternatif ayant la même fréquence que sa fréquence de résonance.

Le paragraphe 176 nous a appris qu'un tel circuit présente une impédance maximum pour les courants ayant sa fréquence de résonance.

Au contraire, l'impédance sera beaucoup plus faible pour les courants de fréquence différente.

Soit le circuit LC (fig. 153) entre les bornes duquel on applique une énergie électrique à haute fréquence. Il s'ensuit une tension alternative HF aux bornes de LC, d'autant plus grande que la fréquence

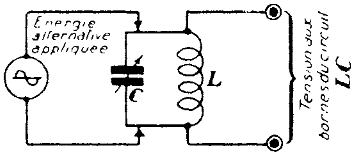


FIG. 153

La tension aux bornes de LC est maximum pour une énergie alternative appliquée ayant la fréquence de résonance de LC.

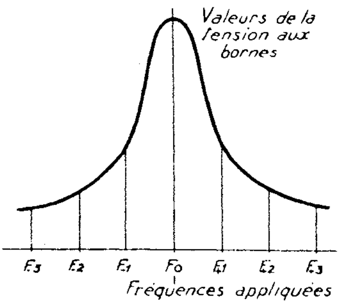


FIG. 154

Courbe de résonance d'un circuit fermé LC : F_0 est la fréquence de résonance de LC, F_{-1}, F_{-2}, F_{-3}, des fréquences plus petites; F_{+1}, F_{+2}. F_{+3}, des fréquences plus élevées.

appliquée se rapproche de la fréquence de résonance. Le graphique de la figure 154 représente la *courbe de résonance* de circuit, c'est-à-dire les différentes valeurs de la tension recueillie suivant les différentes fréquences appliquées.

On voit que, plus cette courbe est aiguë, plus la fréquence de résonance ($F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$) est favorisée.

Pour un circuit de bonne qualité, ayant un *facteur de surtension* élevé, la courbe de résonance est assez aiguë.

Application. — Si le circuit LC a une fréquence propre de 1.000 kc/s par exemple, la variation du condensateur variable C ayant permis d'obtenir cette fréquence, une onde de 1.000 kc/s (300 mètres de longueur d'onde) appliquée entre les bornes du circuit donnera une certaine tension. Une onde de 980 kc/s (306 m. de longueur d'onde) donnerait une tension moins élevée, une onde de 1.020 kc/s également. Une onde de fréquence très différente, 550 kc/s par exemple (545 m. de longueur d'onde) donnerait une tension très faible.

On dit que le circuit LC est ACCORDÉ *sur l'onde à recevoir lorsque sa fréquence de résonance est réglée, par la variation de C, de façon à être égale à la fréquence de l'onde désirée.*

217. — Résistance haute fréquence d'un circuit accordé. — Le circuit accordé aura une courbe de résonance d'autant meilleure que son facteur de surtension sera élevé. Or, le facteur de surtension est limité par la *résistance* propre du bobinage et des conducteurs du circuit oscillant, et par les *pertes* du courant haute fréquence qui se produisent.

RÉSISTANCE DU CIRCUIT. — Un courant de haute fréquence voyage surtout à la surface du conducteur; le fil du bobinage doit donc être de section suffisante, et, parfois, pour les hautes fréquences (ondes courtes), on l'argente afin que la surface soit meilleure conductrice.

PERTES. — Elles se produisent surtout par rayonnement magnétique autour du bobinage qui est un solénoïde; il faut donc que celui-ci soit assez éloigné de parois métalliques (d'une distance au moins égale au diamètre du bobinage). Il faut aussi que les conducteurs reliant les circuits soient aussi courts que possible, et qu'ils aient un trajet direct.

218. — Couplage de deux circuits fermés. — Deux circuits haute fréquence peuvent être *couplés :* c'est-à-dire, l'un étant le siège d'oscillations (courant alternatif haute fréquence), l'autre par suite de son voisinage avec le premier, ou d'une partie de circuit commune, sera le siège d'oscillations correspondantes.

C'est le principe du transformateur exposé au paragraphe 194 qui est appliqué aux circuits HF, les courants HF étant bien des courants alternatifs. La figure 155 représente l'application directe de ce principe : *transformateur haute fréquence.* L'un des circuits peut être « accordé » sur une fréquence, les courants de cette fréquence devant être favorisés (application du paragraphe 216). On a alors le schéma de la figure 156 : *transformateur haute fréquence à secon-*

daire accordé. Ce pourrait être aussi bien le primaire. La valeur de la self n'est pas tout à fait celle du bobinage secondaire, car la proximité du bobinage primaire l'influence.

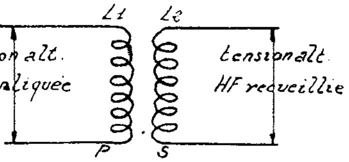


FIG. 155

Transformateur haute fréquence : P, bobinage primaire; S, bobinage secondaire.

La figure 157 représente un transformateur haute fréquence à secondaire accordé pour la transmission de fréquences correspondant aux longueurs d'onde de la gamme « petites ondes » des postes Radio (200 à 600 m.)

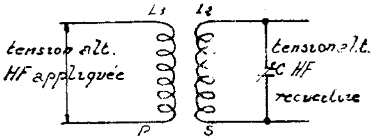


FIG. 156

Transformateur HF à secondaire accordé : la tension recueillie est maximum pour la fréquence d'accord de LC; L étant la valeur résultante des deux bobinages L_1 et L_2.

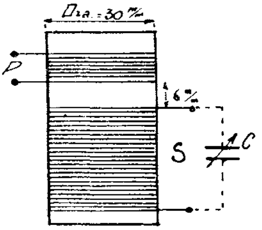


FIG. 157

Transformateur HF pour gamme petites ondes : P : enroulement de 40 spires jointives de fil isolé sous émail de 3/10ᵉ de mm. de diamètre; S : enroulement de 110 spires de même fil situé à 6 mm. au-dessous sur le même cylindre.

Les deux circuits peuvent être accordés, et s'ils sont accordés de façon à avoir tous deux la même fréquence de résonance, tout signal ayant cette fréquence sera très favorisé : seul il permettra d'obtenir

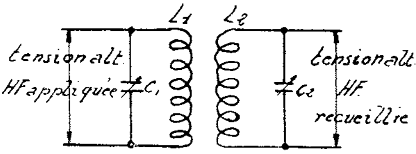


FIG. 158

Couplage de deux circuits fermés : effet de filtre de bande. La fréquence de résonance (réalisée par L_1 C_1 et par L_2 C_2) est très favorisée, ainsi que celles immédiatement voisines. Les autres sont très affaiblies.

une tension élevée aux bornes du secondaire, alors que les fréquences légèrement différentes seront affaiblies (fig. 158). On appelle souvent ce couplage de deux circuits fermés : *filtre de bande*. Car une « bande » de fréquence étroite, de part et d'autre de la fréquence résonance, est seule transmise.

La figure 159 donne la courbe de résonance d'un filtre de bande analogue au schéma de la figure 158.

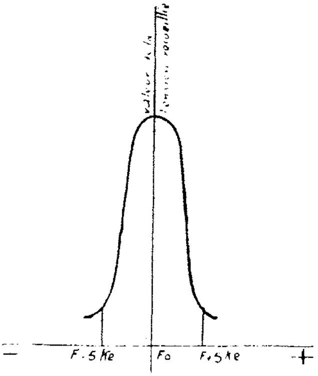


FIG. 159

Courbe de résonance d'un filtre de bande (schéma fig. 158) montrant le rendement élevé pour les fréquences comprises dans une largeur de 10 kilocycles autour de la fréquence de résonance F_0.

219. — Modes de couplage. — Le couplage de deux circuits fermés, réalisé par voisinage des bobinages comme pour la figure 158, peut aussi être réalisé de manières différentes.

COUPLAGE TESLA. — C'est celui déjà cité : voisinage des bobinages primaire et secondaire comme dans les figures 155, 156, 157 et 158.

COUPLAGE OUDIN. — Une partie du bobinage secondaire est

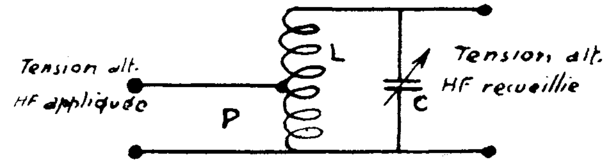


FIG. 160

Couplage Oudin dans un transformateur HF : P, partie du bobinage L qui sert de primaire

commune au circuit primaire (fig. 160). Il est surtout employé pour les transformateurs haute fréquence.

COUPLAGE STATIQUE (ou par condensateurs). — C'est une capacité et une résistance communes aux deux circuits qui font la liaison entre eux (fig. 161). Il est surtout employé pour les filtres de bande.

Enfin, les figures 162 et 163 représentent d'autres formes de couplage magnétique, dérivées du couplage Oudin et du Tesla, parfois employées.

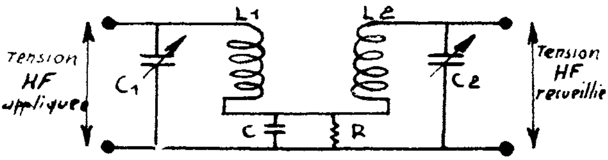


FIG. 161
Couplage statique dans un filtre de bande; la valeur de C, condensateur de couplage, est de l'ordre de 10.000 pF, alors que C_1 et C_2, condensateurs variables d'accord, ont au maximum 500 picofarads; R = 10.000 à 100.000 ohms.

220. — Degré de couplage : couplages lâche et serré. — Couplage critique. — Lorsque le primaire et le secondaire sont relativement éloignés dans le cas de couplage par voisinage, ou que la partie commune aux primaire et secondaire est relativement faible, le couplage est faible, on dit que *le couplage est lâche.* Dans le cas contraire, on a un *couplage serré.*

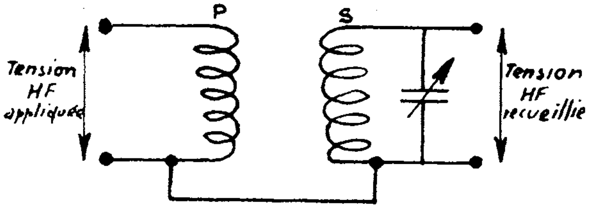


FIG. 162
Couplage magnétique où les bobinages P et S sont voisins comme dans le Tesla, mais où ils sont réunis comme dans l'Oudin. Il est employé dans les transformateurs HF.

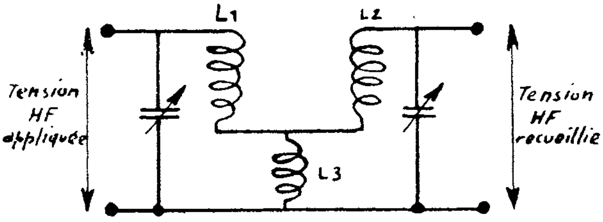


FIG. 163
Couplage réalisé par un enroulement commun L_3, mais L_1 et L_2 sont éloignés et non couplés directement; employé dans les filtres de bande.

AVANTAGES DU COUPLAGE LACHE. — L'influence du primaire sur le secondaire est ainsi suffisante pour transmettre la tension haute fréquence, mais la modification de la valeur de self du secondaire par la valeur de self du primaire est faible.

De plus, le circuit secondaire conserve mieux ses qualités : à un couplage lâche correspond la *courbe de résonance la plus aiguë*, donc la fréquence d'accord du circuit est la plus favorisée et les autres fréquences sont plus affaiblies. Une meilleure sélection des ondes est obtenue : cette qualité s'appelle la *sélectivité*.

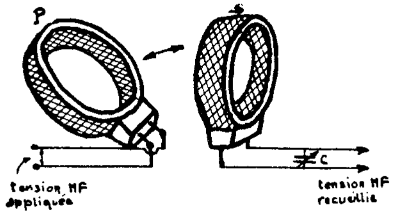


FIG. 164

Couplage Tesla variable par déplacement de la bobine primaire montée sur un support articulé.

COUPLAGE VARIABLE. — Si les deux bobinages, primaire et secondaire, peuvent s'approcher l'un de l'autre, l'un d'eux étant mobile, on a un couplage Tesla variable (fig. 164). On réalisera d'abord un couplage serré en les plaçant parallèlement côte à côte, puis on éloignera peu à peu le primaire pour obtenir une courbe de résonance plus aiguë (sélectivité). Il y a lieu, pour chaque nouvelle position des selfs, de rectifier l'accord du secondaire, car la valeur de la self change suivant la proximité de la self primaire qui l'influence (conséquence de « l'induction mutuelle », voir en électricité, paragraphe 97 de cet ouvrage).

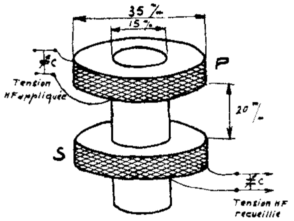


FIG. 165

Filtre de bande s'accordant sur une fréquence d'environ 500 kilocycles (600 m. de long. d'onde). La bobine primaire a environ 225 spires de fil à brins multiples, le secondaire également. Le couplage critique désiré est obtenu par un écartement de 20 mm.

COUPLAGE CRITIQUE. — On appelle ainsi le degré de couplage ni trop lâche ni trop serré qui permet, *pour deux circuits accordés*, d'obtenir la meilleure courbe de résonance, l'effet de « filtre de bande » indiqué à la figure 159. On le déterminera par l'expérience. La figure 165 donne un exemple de réalisation.

221. — L'ondemètre à absorption, application du couplage de deux circuits. — Un ondemètre sert à mesurer la longueur d'onde émise par un émetteur. Il comprend simplement un circuit oscillant : self et condensateur variable. La self a une valeur fixe, aussi le condensateur variable peut-il porter un cadran gradué en lon-

gueurs d'onde; ou encore, il est gradué en divisions, mais un tableau indique les longueurs d'onde correspondant à ces divisions (exemple : ondemètres des anciens émetteurs-récepteurs).

L'ondemètre est couplé au circuit oscillant de l'émetteur : il lui soutire donc de l'énergie, et lui en soutire le maximum lorsqu'ils ont la même fréquence de résonance.

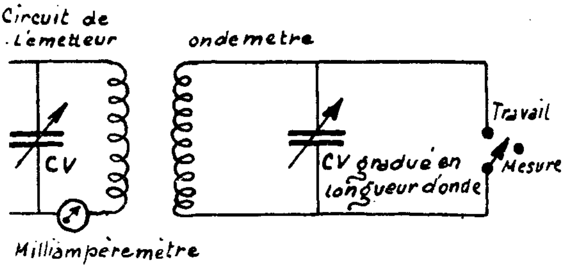


Fig. 166
Ondemètre d'absorption et principe de son emploi.

L'ondemètre étant réglé grâce à son cadran sur la longueur d'onde sur laquelle on veut émettre, on l'écarte un peu du circuit d'émission. En pratique, il est placé dans un tiroir qu'il suffit de sortir un peu de son logement. Le couplage est alors plus lâche. Lorsque le condensateur variable du circuit de l'émetteur passera sur la position correspondant à la longueur d'onde de l'ondemètre, un maximum d'énergie lui sera soutiré et l'aiguille d'un milliampèremètre placé dans le circuit émetteur déviera vers un minimum. C'est sur cette position que doit être réglé le condensateur variable de l'émetteur.

Si la position est peu nette, on rend le couplage encore plus lâche en sortant encore plus le tiroir de l'ondemètre : il s'éloigne ainsi du circuit émetteur (voir fig. 166). Et l'on recommence le réglage de l'émetteur.

Afin que l'énergie de l'émetteur ne soit plus captée par l'ondemetre pendant l'émission, on courtcircuite l'ondemètre par un petit interrupteur sitôt les réglages terminés : on met l'interrupteur sur la position « travail », alors que pour le réglage il était sur la position « mesure ».

VINGT-TROISIÈME LEÇON

ONDES ENTRETENUES ET ONDES ENTRETENUES MODULÉES MODULATION en AMPLITUDE ou en FRÉQUENCE

Les inconvénients que nous avons signalés pour les ondes amorties : perte énorme d'énergie et son fixe obtenu à la réception, les réservant à la radiotélégraphie (voir paragraphe 215), nous ont conduit à souhaiter la production d'ondes dont l'amplitude des oscillations haute fréquence soit constante, comme l'amplitude des alternances du courant alternatif basse fréquence utilisé dans l'industrie. On appelle une telle onde : *onde entretenue.*

222. — Générateurs directs d'ondes entretenues : alternateurs haute fréquence et multiplicateurs de fréquence. — L'onde entretenue sera donc formée d'oscillations d'amplitude égale, comme un courant alternatif (fig. 167), mais la fréquence sera très grande : haute fréquence (HF).

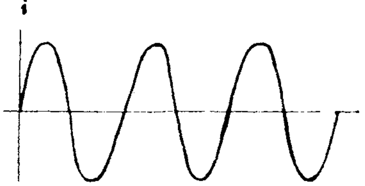


FIG. 167
Onde entretenue : les alternances ont une amplitude égale.

Un courant alternatif à haute fréquence appliqué au radiateur d'ondes (antenne de l'émetteur), suffira à provoquer le rayonnement d'énergie.

Un alternateur produisant un courant à haute fréquence pourra être utilisé comme générateur d'ondes entretenues. Ce procédé, qui date des débuts de la Radio. est abandonné maintenant : l'alternateur doit tourner à très grande vitesse et posséder un grand nombre de pôles afin de pouvoir atteindre au moins la fréquence 15.000 périodes par seconde (20.000 mètres de longueur d'onde).

Un tel alternateur attaquait le circuit d'antenne par un transformateur haute fréquence (schéma fig. 168). L'énorme difficulté de réalisation d'un alternateur à très haute fréquence, et les longueurs d'onde obtenues étant encore trop élevées (fréquence encore trop basse), on imagina ensuite les *multiplicateurs de fréquence.* La fréquence obtenue par l'alternateur est appliquée à un transformateur spécial dont le noyau est saturé grâce au champ magné-

tique produit par un enroulement spécial alimenté par du courant continu; il en résulte dans le secondaire une tension dont la fréquence est double de celle appliquée au primaire.

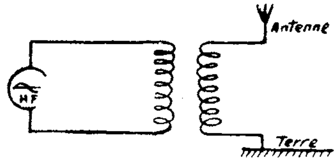


Fig. 168

Schéma de principe d'émission d'une onde entretenue au moyen d'un alternateur à haute fréquence.

Tous ces dispositifs sont coûteux et de faible rendement, car l'énergie rayonnée est faible par rapport à l'énergie fournie. De plus, on ne peut atteindre les longueurs d'onde courantes dont les fréquences sont trop élevées. Il fallait trouver autre chose. C'est le circuit oscillant que nous avons déjà vu producteur d'ondes amorties (paragraphes 210 et 211) qui a apporté la solution.

223. — Entretien des oscillations d'un circuit oscillant. — L'amortissement de l'oscillation du circuit est dû à ce que le condensateur, à la deuxième alternance, n'est pas rechargé à la même tension qu'à la première : les pertes inévitables (résistance du circuit surtout) absorbent chaque fois une partie de l'énergie.

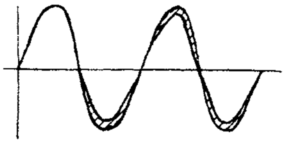


Fig. 169

Entretien de la décharge oscillante : à chaque alternance, la diminution d'amplitude est compensée et le condensateur se retrouve dans les mêmes conditions qu'à la première alternance.

Si un dispositif permet à chaque alternance de fournir l'énergie disparue, c'est-à-dire de compenser l'amortissement, l'amplitude de l'alternance sera égale à celle de la précédente (fig. 169). On réalise alors l'entretien des oscillations.

Il s'agit d'introduire dans le circuit *un effet de résistance négative* on appelle ainsi un phénomène qui, lorsque l'intensité diminue, augmente la tension; alors que la résistance entraîne habituellement une diminution de tension lorsque l'intensité diminue, puisque $U = R\,I$.

Cet effet si extraordinaire sera obtenu *si c'est une autre source d'énergie* qui apporte l'énergie manquant et augmente la tension, malgré la diminution du courant.

Il faut que l'énergie apportée par le dispositif complète seulement ce qui manquait à l'alternance; cette compensation exacte s'obtiendra automatiquement, car s'il y avait excès, l'amplitude augmenterait, mais l'amortissement aussi. L'équilibre se forme, et l'onde devient exactement entretenue : amplitudes égales.

Le seul dispositif employé de nos jours est obtenu très simplement grâce à la lampe de T. S. F.; nous étudierons en effet « la lampe oscillatrice », c'est-à-dire l'application de la lampe à la génération des ondes entretenues (paragraphe 259). Les dispositifs, comme l'arc de Poulsen, imaginés avant la découverte des ressources de la lampe de Radio, ont disparu, car ils n'avaient pas son extrême simplicité et sa sécurité de fonctionnement.

Les générateurs d'oscillations haute fréquence à lampe de T.S.F. peuvent encore bénéficier de l'adjonction d'un dispositif stabilisateur de la fréquence de l'oscillation produite : lame de quartz en vibration. On a ainsi l'émetteur moderne que nous étudierons en paragraphe 262, et en Technologie de l'émission (35e leçon).

224. — Incorporation d'une modulation basse fréquence à l'onde entretenue haute fréquence. (Modulation en amplitude). — L'onde entretenue, qui est le meilleur moyen de transport de l'énergie rayonnée, est inutile pour elle-même. Si, au récepteur, on redresse cette oscillation haute fréquence, même après l'avoir amplifiée, on n'obtiendra qu'un courant continu, tout comme lorsqu'on redresse un courant alternatif ordinaire (paragraphe 199). Ce courant continu passant dans un électro-aimant attirera la plaque vibrante d'un écouteur, mais elle restera ensuite en position, et ne vibrera pas. Si un manipulateur coupe l'émission de l'onde suivant les traits et les points de l'alphabet Morse, à chaque trait, à chaque point, la plaque vibrante changera de position, mais elle ne vibrera pas. On n'aura aucun son et aucun moyen d'entendre la durée des signaux.

Il faut admettre et bien considérer que : *l'onde n'est qu'un moyen de transport.*

Il suffit en effet, au départ, à l'émission, de déformer l'onde HF en faisant varier cette amplitude que nous avons créée constante, d'après les oscillations à basse fréquence d'un son, pour que le courant redressé dans le récepteur ne soit plus un courant continu, mais un courant variable, qui fera vibrer la plaque de l'écouteur à la fréquence musicale du son qui a déformé au départ l'amplitude de l'onde porteuse. C'est ce qu'on appelle la *modulation* de l'onde.

EN RADIOTÉLÉGRAPHIE, le son sera :

— Soit une oscillation basse fréquence (d'environ 800 à 1.000 période par seconde, son aigu) qui fera varier la tension du circuit oscillant créateur de l'onde haute fréquence qui sera ainsi modulée par elle, et à la réception les traits et les points seront entendus sur ce son de 800 ou 1.000 périodes:

— Soit une oscillation basse fréquence ajoutée par le récepteur à l'onde entretenue qu'il reçoit (dispositif dit de réaction ou oscillateur local) et qui fera vibrer l'écouteur pendant les passages de l'onde brefs ou longs (traits et points). C'est le procédé le plus employé par les émetteurs et les récepteurs de radiotélégraphie militaire;

— Soit le son obtenu par les variations d'amplitude de l'onde amortie (trains d'ondes) si on emploie celle-ci : nous l'avons étudié au paragraphe 214.

EN RADIOTÉLÉPHONIE, la modulation sera formée par les oscillations très diverses et très complexes représentant les paroles ou la musique à transmettre. En effet, les sons à transmettre seront prononcés devant un microphone, et le courant électrique traversant le microphone subira des variations suivant les fréquences des sons. Ce courant variable, dit courant de modulation, pourra aussi venir d'un « pick-up » placé sur un disque de phonographe.

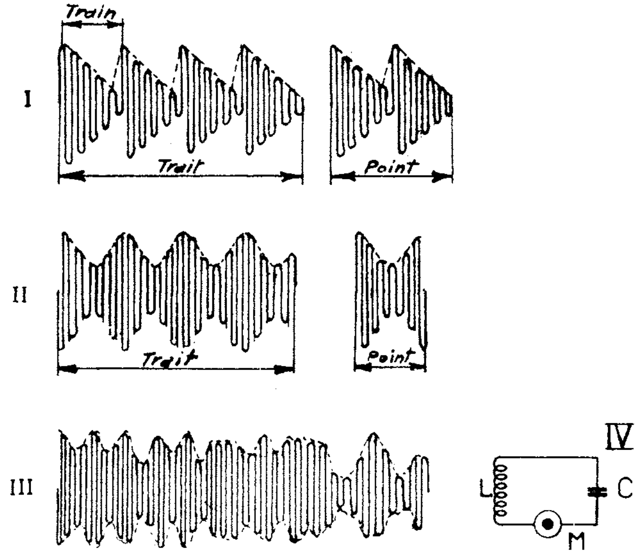


FIG. 170

PRINCIPES DE LA RADIOTRANSMISSION

I - Radiotélégraphie sur onde amortie : le courant variable faisant vibrer l'écouteur aura la forme du trait pointillé, déterminé par le nombre de trains d'ondes.

II - Radiotélégraphie sur onde entretenue : le courant variable faisant vibrer l'écouteur aura la forme du trait pointillé déterminé par l'oscillation BF ajoutée à l'onde par le récepteur (réaction).

III. — Radiotéléphonie sur onde entretenue modulée : le courant variable agissant sur l'écouteur aura la forme du trait pointillé, forme de la modulation BF qui a été imprimée sur l'onde HF à l'émission.

IV. — *Principe de la modulation en amplitude. La résistance du microphone M devant lequel on parle et qui est en série dans le circuit oscillant modifierait sa résistance, donc l'ampleur des oscillations, à la cadence des sons, pour obtenir ce qui est représenté en III. Ceci n'est qu'un schéma de principe. Nous étudierons au paragraphe 296, dans la technologie de l'émission, les procédés pratiques de modulation en amplitude.*

Le courant de modulation alimente directement ou par un transformateur le circuit oscillant où prend naissance l'onde haute fréquence, et déforme ainsi son amplitude : il la module.

A la réception, si l'on « redresse » l'onde HF, le courant obtenu au lieu d'être un courant continu comme dans le cas du redressement d'un courant alternatif, sera un courant variable qui fera vibrer la plaque de l'écouteur ou la membrane du haut-parleur à la fréquence des sons ayant provoqué la modulation.

La Radiotéléphonie que nous venons ainsi d'exposer ne pourrait donc pas être obtenue avec les ondes amorties dont les variations personnelles déformeraient les variations de la modulation. D'autre part, même en Radiotélégraphie, les ondes entretenues ont conquis la place des ondes amorties, maintenant peu employées.

Le tableau de la figure 170 complète utilement l'exposé que nous venons de faire en faisant « voir » ce qui se passe en radiotélégraphie et en radiotéléphonie pour la modulation en amplitude.

Il faut noter les différences suivantes entre une onde entretenue pure et une onde entretenue modulée :

L'onde pure a, par définition, une fréquence fixe et unique; elle n'occupe qu'une place infime dans la gamme des fréquences à recevoir; un récepteur, pour la recevoir, peut être accordé sur cette fréquence unique et avoir des circuits d'accord « sélectifs » au point d'éliminer ou plus exactement d'affaiblir les fréquences immédiatement voisines, c'est-à-dire différentes de 2 ou 3 kilocycles (en plus ou en moins). On dit qu'une « bande passante » de **2 kilocycles (1.000 périodes en** + ou en — de la fréquence d'accord) suffit pour recevoir une onde entretenue

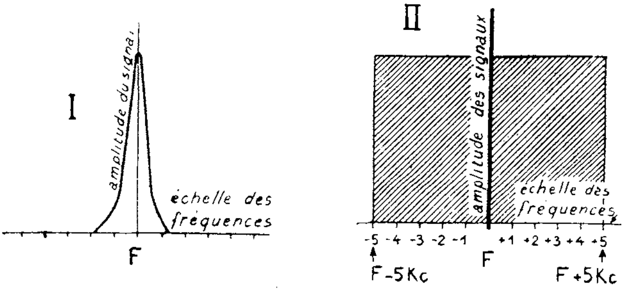


Fig. 170 *bis*

Accord sélectif sur une fréquence F.

Encombrement des fréquences par une onde de fréquence F modulée en amplitude par un son de 5.000 périodes (5 Kc).

pure. Des récepteurs professionnels de trafic (39^e^ leçon) obtiennent cette sélection très rigoureuse. **Mais il s'ensuit que le réglage des récepteurs doit être très précis.**

L'onde modulée au contraire n'a plus une fréquence unique. Les variations *d'amplitude* de ses oscillations entraînent la conséquence suivante :

Si, par exemple, le son qui module (donc le son à transmettre) a une fréquence de 3.000 périodes par seconde, donc 3 kilocycles, la fréquence de l'onde,

porteuse, par exemple, de 1.500 kilocycles, 200 mètres de longueur d'onde, ne voyage plus seule : des fréquences secondaires sont le résultat de la modulation. Il y a une fréquence extrême plus élevée F + f, c'est-à-dire 1.500 Kc + 3 Kc = 1.503 Kc, et une fréquence extrême plus faible, F — f : 1.000 — 3 Kc = 1.497 Kc, et pour que le son soit transmis correctement, le récepteur devra être sensible non seulement à la fréquence F, mais aux fréquences comprises entre F + f et F — f (voir fig. 170 *bis*).

224 *bis*. — Théorie de la modulation en fréquence. — Depuis trente ans, pour « imprimer » le son sur l'onde porteuse, on faisait varier *l'amplitude* de l'onde à la cadence de la fréquence du son. C'est toujours le procédé classique; il est simple de dégager le son à la réception (nous le verrons à la 27[e] leçon). Or, depuis 1940, le procédé de *modulation en fréquence*, dû aux travaux du major Armstrong (Etats-Unis), a été mis au point, et désormais (1945) *il y a des émetteurs et des récepteurs de trafic à modulation en fréquence*. Nos radios les utiliseront; nous les initions donc aussi à cette technique, la plus moderne à ce jour.

Le principe est de *conserver intacte l'amplitude de l'onde*, qui est donc toujours égale, comme dans l'onde entretenue pure. *C'est la fréquence de l'onde que l'on fait varier à la cadence de la fréquence du son.*

Exemple : la fréquence de l'onde porteuse est de 15.000 Kc (20 m. de longueur d'onde). On fixe une plage de variation (qui dépendra de la puissance du son, donc de son amplitude), par exemple : 50 kilocycles en plus et en moins, soit 100 kilocycles de variation totale. Eh bien, si l'on veut transmettre un son de 3.000 périodes par seconde, par exemple, on fera passer 3.000 fois par seconde la fréquence de l'onde (initialement de 15.000 Kc) de 14.950 à 15.050 Kc. La variation est plus ou moins importante selon le niveau sonore. *Mais c'est la rapidité de variation* (le nombre de variations de la fréquence porteuse en une seconde) qui détermine la fréquence du son. Exemple : un son aussi puissant que

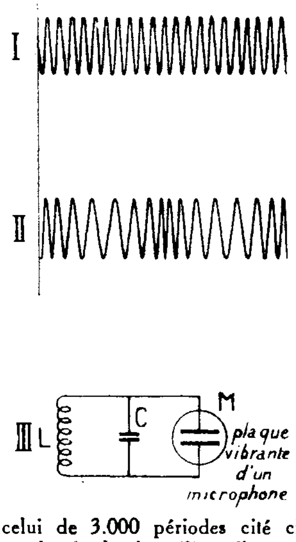


FIG. 170 *ter*

Principe de la modulation en fréquence. I. — Ondes entretenues pures. II. — Ondes dont la fréquence varie périodiquement (la durée des périodes HF est inégale). III. — Principe de la modulation en fréquence d'après les sons émis devant un microphone dit « à condensateur ». Les plaques M vibrent et font varier la capacité du circuit, dont sa fréquence de résonance. Ceci n'est qu'un schéma de principe, les variations de fréquence seraient trop faibles pour être révélées à la réception et pour obtenir un rapport suffisant entre le niveau du signal et le niveau du bruit de fond. Nous étudierons au paragraphe 296 bis, *dans la technologie de l'émission, les procédés pratiques de modulation en fréquence.*

celui de 3.000 périodes cité ci-dessus, mais plus grave, 435 périodes par seconde (le *la* du milieu d'une piano) fera varier la fréquence d'autant de kilocycles, mais le fera 435 fois par seconde. L'onde, qui est de 15.000 Kc quand aucun son n'est émis, passera de la fréquence 14.950 à 15.550 Kc, 435 fois par seconde pour transmettre la note *la*. Pendant ce temps, l'amplitude de l'onde porteuse reste égale (fig. 170 *ter*).

Comment un tel effet peut-il être obtenu? Considérons un circuit oscillant LC, L la self induction, C la capacité d'accord. Si l'on fait varier l'une de ces deux valeurs, la fréquence varie. Un schéma simplifié montre qu'il est possible de faire varier, par exemple, la capacité d'après la **fréquence du son (fig. 170 *ter*, III,** emploi d'un microphone dont les plaques vibrantes forment armatures de condensateur).

Il ne s'agit que d'un schéma de principe; les variations de fréquence seraient trop faibles (modulation insuffisante ne pouvant être révélée par le récepteur). Dans le paragr. 267, **nous expliquerons comment une lampe peut être montée en** inductance ou réactance variable pour provoquer la variation de fréquence.

Nous verrons en paragraphe 293-1, dans la technologie de l'émission, les *procédés de modulation en fréquence* dans les émetteurs. Ce sont les appareils les plus modernes qui existent.

AVANTAGES DE LA MODULATION EN FRÉQUENCE. — 1° Les « parasites » sont des bruits indésirables qui troublent les transmissions. Toute étincelle électrique (contacts imparfaits, contacts vibrants, trembleurs de sonneries électriques, et surtout, circuits d'allumage des autos, bougies et rupteur) donne naissance à une onde amortie. Les échanges électriques dans l'atmosphère font de même. Cette onde amortie est captée par le récepteur avec tout signal reçu, car elle n'a pas de longueur d'onde précise. Les parasites d'allumage affectent considérablement les ondes courtes qui, au contraire, sont peu accessibles aux parasites atmosphériques. Puisque le parasite provoque une variation d'amplitude et que le récepteur, pour extraire les sons de l'onde, doit révéler toute variation d'amplitude, il est certain que le parasite sera révélé et entendu.

Au contraire, dans la modulation de fréquence l'amplitude est constante au départ, et on la rétablit constante, à l'arrivée, si elle a subi des affaiblissements. Le récepteur n'aura à révéler, grâce à un dispositif spécial, *que les variations de fréquence* : le récepteur sera insensible aux parasites. Il s'ensuit que *la modulation en fréquence donne des transmissions beaucoup plus pures;*

2° Les variations d'amplitude d'une onde modulée ordinaire entraînent des variations d'intensité à la réception. Les phénomènes d'évanouissement (« fading »), au cours du trajet de l'onde, entraînent de grandes variations de la puissance sonore à la réception. Au contraire, la puissance sonore, avec une onde modulée en fréquence, est fonction de la variation de fréquence et non de la variation d'amplitude. Celle-ci est maintenue constante par un dispositif du récepteur (limiteur), pour que le son soit extrait dans les meilleurs conditions. *La transmission par onde modulée en fréquence est donc la plus stable qui soit.* L'écoute est facile;

3° *Avec la modulation en fréquence, lorsque deux stations viennent à travailler sur la même longueur d'onde, seule la plus puissante au lieu de réception est entendue.* L'autre n'occasionne aucun brouillage. Au contraire, deux stations modulées en amplitude « interfèrent »; il y a brouillage par « battement » (sifflements) et audition simultanée;

4° *La fidélité de transmission de toutes les fréquences musicales peut être très grande.* Nous ne nous étendrons pas sur ce point;

5° *Les récepteurs pour modulation ordinaire sont insensibles aux transmissions modulées en fréquence.* Ils restent muets, s'ils ne sont pas équipés pour analyser la variation de fréquence.

Mais il faut, pour moduler une onde en fréquence, que la fréquence porteuse soit très élevée, afin de pouvoir supporter une variation (un « balayage ») très importante. Voilà pourquoi ce procédé n'est possible que sur ondes courtes ou sur ondes très courtes.

Sur ondes courtes. — On peut réaliser des émetteurs-récepteurs de trafic avec une déviation de fréquence limitée. Les ondes de 20 mètres peuvent être ainsi utilisées.

Sur ondes très courtes. — On réalise des émetteurs et des récepteurs modulés en fréquence, pour radiodiffusion transmise avec très haute fidélité. Les ondes sont de 7 mètres, 5 mètres et même 3 mètres. La portée est alors limitée à l'horizon, soit une cinquantaine de km si la station est au sol, mais la qualité de la diffusion est remarquable (chaîne des émetteurs français à modulation de fréquence : Paris-Grenelle, Strasbourg, Mulhouse, Toulouse, Bordeaux, etc...).

Nous donnerons le principe de la réception d'une onde modulée en fréquence au paragraphe 242 (théorie de la réception — 27[e] leçon).

Nous montrerons les circuits des récepteurs spéciaux en technologie de la réception, c'est-à-dire dans la 39[e] leçon, au paragraphe 315 *bis*.

IMPORTANCE DE LA DÉVIATION EN FRÉQUENCE MAXIMUM.

Elle est fixée une fois pour toutes par l'émetteur, nous venons de le dire page 175 :

1° Il faut qu'elle soit suffisante pour permettre une discrimination facile de la variation par l'étage détecteur du récepteur, qui doit « révéler » le signal qui avait modulé la porteuse.

2° Il faut qu'elle soit suffisante pour que le *niveau du bruit de fond* du récepteur soit faible devant le niveau du signal modulateur que l'on veut entendre.

Pratiquement, avec les ondes porteuses de 3 à 15 mètres de longueur d'onde, les émetteurs modulés en fréquence adoptent une déviation de 15 kc/s de part et d'autre de la fréquence porteuse pour l'amplitude max ; les valeurs adoptées le plus souvent vont de $\pm$ 15 à $\pm$ 25 kc/s pour les liaisons de trafic et de $\pm$ 60 kc/s à $\pm$ 75 kc/s pour les *émissions* de radiodiffusion à haute fidélité musicale.

VINGT-QUATRIÈME LEÇON

LES ANTENNES

225. — Circuit oscillant ouvert. — Le circuit fermé : condensateur et self en parallèle (circuit A, fig. 171) que nous avons étudié, est susceptible soit de créer une oscillation, soit de répondre à l'oscillation qui lui est appliquée en fournissant une tension d'autant

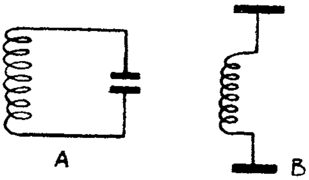


FIG. 171

Circuit oscillant fermé
et circuit oscillant ouvert.

plus élevée que la fréquence est proche de sa fréquence de résonance.

Soit le circuit B de la figure 171. Les armatures du condensateur ont été éloignées et se trouvent chacune à une extrémité de la self. Un tel circuit, dont la capacité est devenue faible, mais dont les armatures enserrent un espace bien plus grand, est appelé circuit oscillant ouvert.

Le circuit oscillant ouvert répond aux oscillations haute fréquence qui lui sont appliquées, en donnant une tension HF d'autant plus élevée que la fréquence appliquée est voisine de sa fréquence de résonance.

La tension HF développée sur un circuit oscillant ouvert crée le rayonnement de l'énergie à travers l'espace : le radiateur d'ondes est trouvé.

Un émetteur Radio possèdera donc un circuit oscillant ouvert qui recevra les oscillations HF créées dans un circuit oscillant fermé et qui émettra l'énergie rayonnée; ce circuit oscillant ouvert, c'est l'antenne-terre qui équipe tous les émetteurs.

Il aurait été possible de créer les décharges oscillantes directement dans le circuit oscillant ouvert : les premiers émetteurs Radio étaient ainsi faits. Mais la perte d'énergie est considérable et le système se prête mal à l'entretien des oscillations. Au contraire, maintenant, les oscillations HF sont toujours développées dans un circuit fermé qu'il suffira de *coupler* au circuit oscillant ouvert pour qu'il reçoive ces oscillations.

L'énergie haute fréquence dans un circuit oscillant ouvert n'est

pas répartie également le long du circuit; si l'armature inférieure du circuit est reliée à la terre (c'est souvent le cas), on observe qu'à cette extrémité on trouve un maximum de courant haute fréquence et une tension haute fréquence nulle; au contraire, à l'extrémité la plus éloignée de la terre, le courant haute fréquence est minimum et la tension haute fréquence est maximum (fig. 172).

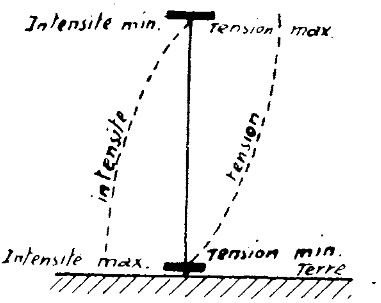


FIG. 172

Circuit oscillant ouvert relié à la terre à sa base, répartition du courant HF et de la tension HF au long du circuit.

Au contraire, lorsque les deux extrémités du circuit sont libres, isolées de la terre, le circuit étant placé horizontalement au-dessus du sol, l'intensité est maximum au centre du circuit, la tension étant maximum aux extrémités (fig. 173). Cela est dû à ce que le circuit vibre,

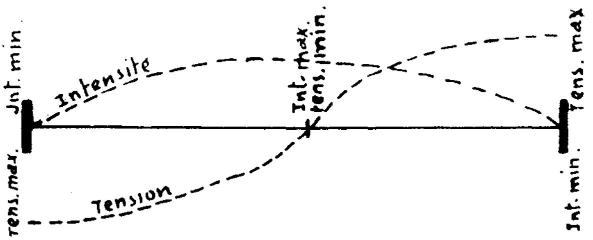


FIG. 173

Circuit oscillant ouvert horizontal, les extrémités étant libres : répartition du courant HF et de la tension HF au long du circuit.

oscille, suivant sa fréquence de résonance : les oscillations haute fréquence le parcourent : le phénomène est analogue à la vibration de l'air dans un tuyau sonore, un tuyau d'orgue ou un tuyau de flûte, par exemple; un tuyau d'orgue, fermé aux extrémités, vibre comme le circuit de la figure 172, un tuyau de flûte, ouvert, vibre comme le circuit de la figure 173.

La fréquence de résonance d'un circuit oscillant ouvert dépend de sa hauteur effective : cette hauteur utile dépend, non seulement de la longueur du circuit, mais aussi de sa forme, de son inclinaison par

rapport au sol, des capacités parasites qui se forment entre le sol et certains points du circuit.

Le circuit relié à la terre à sa base (fig. 172), *vibre en quart d'onde.* Cela veut dire que la fréquence HF qui aura une longueur d'onde exactement égale à quatre fois la hauteur du circuit sera en résonance avec lui et sera donc parfaitement utilisée : le rayonnement sera maximum.

EXEMPLE : une fréquence de 5.000 kc. correspond à une longueur d'onde de 60 mètres; une antenne de 15 mètres de hauteur effective réaliserait donc le rayonnement de cette onde dans les meilleures conditions.

Le circuit aux extrémités libres (fig. 173) *vibre en demi-onde.* Cela veut dire qu'une fréquence HF ayant une longueur d'onde double de la hauteur effective du circuit sera en résonance avec lui et sera rayonnée au maximum.

EXEMPLE : la fréquence de 5.000 kc., 60 mètres de longueur d'onde serait aussi très bien rayonnée par une antenne non reliée à la terre ayant 30 mètres de hauteur effective.

Les fréquences multiples de la fréquence de résonance du circuit sont aussi bien rayonnées que la fréquence de résonance elle-même. On les appelle les fréquences « harmoniques. »

EXEMPLE : la fréquence de 1.500 kc., 200 mètres de longueur d'onde peut être rayonnée par une antenne quart d'onde de 10 mètres de hauteur effective; l'harmonique 5 de la fréquence 1.500 kc. est en effet de 7.500 kc.; 7.500 kc. = 40 m. de longueur d'onde, d'où 10 m. de hauteur de l'antenne. Ceci permet aux émetteurs portatifs d'utiliser des antennes d'installation relativement facile.

226. — Modification de la fréquence de résonance, donc de la longueur d'onde propre d'une antenne. — Une antenne étant établie, sa longueur d'onde peut correspondre à une fréquence différente des fréquences à transmettre et le rayonnement s'en trouverait amoindri.

On peut toutefois utiliser une seule antenne pour toute une gamme de fréquences : l'antenne vibre, tantôt sur un multiple, tantôt sur un autre multiple de la fréquence à transmettre (harmoniques, voir paragraphe précédent).

Mais afin que la fréquence de résonance puisse être aussi exactement que possible celle à transmettre, on peut utiliser les deux moyens de réglage suivants :

1° Un bobinage, réglable, en série à la base de l'antenne quart d'onde, permet d'augmenter la longueur d'onde de l'antenne (fig. 174 A).

2° Un condensateur, variable (valeur maximum : 0,2 à 0,5/1.000 de MFd) en série à la base de l'antenne quart d'onde permet de

réduire la longueur d'onde de l'antenne jusqu'à près de la moitié de sa valeur; (fig. 174 B). On évite toutefois d'aller jusqu'à ce point; condensateur variable complètement ouvert, car l'antenne est alors en demi-onde, et le couplage étant effectué à sa base au lieu de l'être en son milieu, il y aurait perte d'énergie; le paragraphe suivant explique ce point.

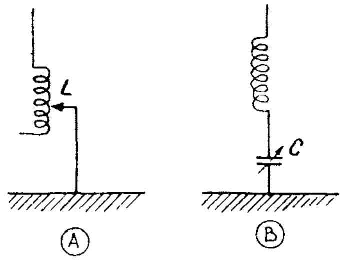


FIG. 174

Réglage de la longueur d'onde propre de l'antenne. A : augmentation quand L augmente; B : diminution quand C diminue.

227. — Couplage entre le circuit oscillant ouvert (antenne) et le circuit oscillant fermé générateur des oscillations HF. — Le couplage sera très simplement réalisé en intercalant dans le circuit ouvert un bobinage couplé avec celui du circuit oscillant (fig. 175) : on réalise ainsi un transformateur haute fréquence (voir paragraphe 218).

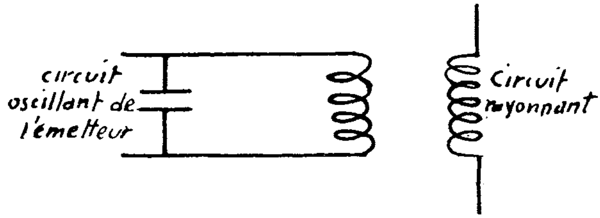


FIG. 175
Couplage du circuit oscillant ouvert au circuit où ont pris naissance les oscillations HF.

Mais le couplage devra avoir lieu en un point du circuit ouvert ou *l'intensité est maximum.*

Si le circuit résonne en quart d'onde (relié à la terre), le schéma est donc celui de la figure 176 (bobinage placé entre l'extrémité de l'antenne et la terre).

Si le circuit résonne en demi-onde, le schéma devra être celui de de la figure 177 (bobinage placé au milieu de l'antenne).

228. — Contrôle de l'énergie rayonnée par l'antenne de l'émetteur. — Lorsque l'énergie rayonnée est maximum, le courant haute fréquence à la base de l'antenne est maximum.

En conséquence, lorsque l'on voudra régler l'antenne d'après la fréquence à transmettre, ou que l'on voudra régler un des dispositifs produisant l'onde (alternateur, éclateur dans un poste à ondes amorties), on connaîtra que le réglage est exact, donc que l'énergie rayonnée est maximum, en regardant l'aiguille d'un ampèremètre (un milliampèremètre pour les émetteurs militaires dont la puissance est relativement faible) placé entre l'extrémité du circuit d'antenne et la terre (fig. 176) ; ou, pour l'antenne demi-onde, au milieu du circuit (fig. 177).

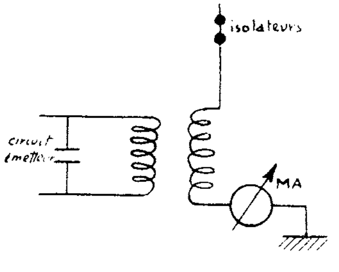


FIG. 176

Couplage de l'antenne quart d'onde à l'émetteur. MA : milliampèremètre pour contrôle de l'intensité du courant haute fréquence obtenu.

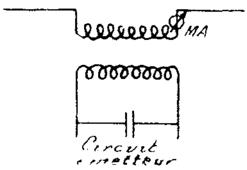


FIG. 177

Couplage de l'antenne demi-onde à l'émetteur. MA : milliampèremètre de contrôle de l'intensité du courant haute fréquence obtenu.

Cet appareil de mesures devra être *thermique*, le courant haute fréquence étant évidemment un courant alternatif.

229. — Différents systèmes antenne-terre. — Le circuit oscillant ouvert est donc le radiateur d'ondes indispensable à tout émetteur : on le réalise sous la forme d'antennes.

Le bon rayonnement d'une antenne dépend de sa forme, et aussi, pour certaines formes, de son orientation. — Il dépend aussi d'autres facteurs : isolement, dégagement, que nous détaillerons plus loin.

ANTENNE VERTICALE. — L'antenne la plus simple sera un fil isolé vertical relié à la terre à sa base, le bobinage de couplage à l'émetteur étant intercalé entre sa base et la terre (fig. 176). C'est donc une antenne vibrant en quart d'onde.

La hauteur effective d'une telle antenne est à peu près égale aux deux tiers de la hauteur réelle.

Elle n'est employée pour les postes émetteurs portatifs que sur O.T.C. sinon elle serait difficile à monter avec une hauteur suffisante au-dessus du sol. Elle sera employée cependant pour les postes émetteurs d'avions, la masse du bâti de l'avion remplaçant la terre, l'antenne étant déroulée sous l'appareil, mais inclinée par le déplacement.

ANTENNE HORIZONTALE DITE EN L RENVERSÉ. — Un fil isolé tendu horizontalement à quelques mètres du sol (2 à 10 mètres) est relié à l'émetteur par une descente verticale, le bobinage de couplage étant dans l'émetteur entre l'extrémité et la terre (fig. 178).

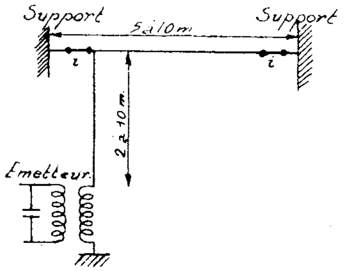


FIG. 178

Antenne en L renversé.
i i : isolateurs.

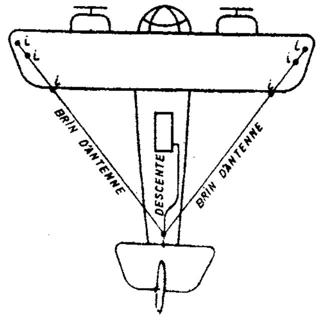


FIG. 179

Antenne en V entre les ailes des avions de transport modernes et un point du fuselage; i, i : isolateurs.

La hauteur effective d'une telle antenne est à peu près égale aux trois quarts de la hauteur au-dessus du sol. L'antenne utilisée pour les postes émetteurs-récepteurs de campagne fut de ce type. La terre est toutefois souvent remplacée par un contrepoids (accessoire étudié ci-dessous).

ANTENNE HORIZONTALE DITE EN V. — Deux fils isolés tendus horizontalement à quelques mètres du sol, selon les branches d'un V, sont, à leur point de jonction, reliés à une descente verticale commune. On utilise des antennes en V sur des avions de transport (fig. 179).

La hauteur effective est comprise entre les trois quarts et la totalité de la hauteur au-dessus du sol.

Cette antenne avait un effet *directif* : les récepteurs placés dans la direction de la bissectrice de l'angle du V étaient avantagés.

Les émetteurs modernes ne demandent heureusement plus d'antennes d'un pareil développement.

ANTENNE HORIZONTALE EN NAPPE. — La partie horizontale est formée de plusieurs brins parallèles. Dans ce cas, la hauteur effective est égale à la hauteur au-dessus du sol. Elle est de moins en moins employée, les longueurs d'onde maintenant utilisées étant plus courtes que celles d'autrefois.

ANTENNE DEMI-ONDE VERTICALE. — Un mât métallique (cuivre ou aluminium) télescopique, c'est-à-dire formé de parties s'emboîtant, d'une hauteur totale faible (1 m.) est placé directement sur l'émetteur.

Un second mât métallique peut être placé verticalement à une

vingtaine de centimètres et à la même hauteur (fig. 180 A). Il peut aussi être placé horizontalement, l'autre restant vertical (fig. 180 B).

Cette antenne demi-onde (pas de jonction à la terre) est surtout employée pour les ondes très courtes (5 à 10 mètres de longueur d'onde; fréquence : de 60.000 à 30.000 kc). Elle équipe les émetteurs-récepteurs O.T.C. aussi bien sur les postes portatifs de transmission militaire, que sur les postes puissants (sur voitures ou sur avions) utilisant aussi les ondes très courtes.

ANTENNE QUART D'ONDE VERTICALE. — C'est le même principe que l'antenne demi-onde ci-dessus, mais avec un seul mât rayonnant télescopique de 1 mètre à 1 m. 50 de développement, l'autre extrémité du circuit étant reliée à la terre. Les postes transmetteurs sur O.T.C. (2 à 10 mètres de longueur d'onde) l'utilisent, postes sur camions ou sur avions. Tel est le cas de l'antenne « fourreau » des avions dont nous parlerons en technologie (paragr. 300).

La longueur verticale de l'aérien est égale au quart de la longueur d'onde multiplié par le coefficient 0,97. La prise de terre peut être remplacée par une surface métallique horizontale.

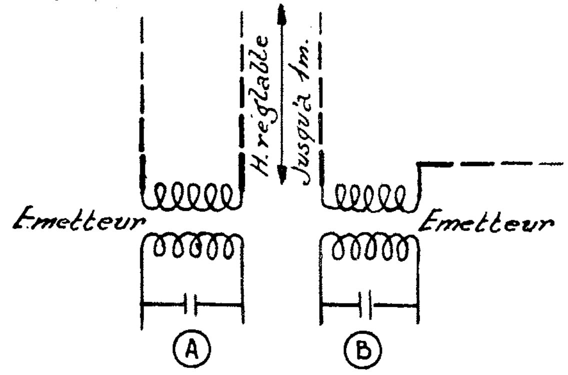


FIG. 180

Antenne demi-onde à mâts métalliques pour O.T.C.

PRISES DE TERRE. — La liaison à la terre qui constitue un élément du système radiateur d'ondes doit être effectuée soigneusement : un fil est relié, soit à un conducteur métallique souterrain (canalisation d'eau par exemple) soit à un grillage métallique enterré (solution adoptée en campagne par les militaires). La terre doit être arrosée au-dessus pour améliorer le contact.

CONTREPOIDS. — On remplace fréquemment la liaison à la terre par la liaison à un fil isolé sous caoutchouc que l'on déroule sur le sol sous l'antenne, ou que l'on tend parfois à 50 cm. du sol sous l'antenne (fig. 180 *bis*). Ce fil constitue alors imparfaitement le deuxième brin d'une antenne demi-onde : la longueur d'onde de résonance de l'antenne est donc plus faible que lorsqu'on emploie une prise de terre.

Le rayonnement est meilleur qu'avec une liaison à la terre trop hâtivement faite. Nous parlerons en technologie des précautions à

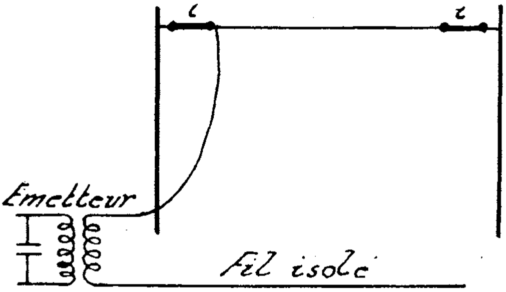


Fig. 180 *bis*

Emission avec antenne en L renversé et contrepoids.

prendre dans la construction des avions pour pouvoir utiliser leur bâti comme « masse » ou contre-poids (paragr. 301).

230. — Qualités d'une bonne antenne. — *Une antenne doit être parfaitement isolée :* les isolateurs à chaque extrémité sont indispensables, ce sont des bâtons ou « tibias » d'ébonite ou de verre (Pyrex) ou des œufs de porcelaine. Le fil de descente est sous caoutchouc.

Une antenne doit être parfaitement rigide : donc tendue et le fil de descente ne doit pas se balancer. En effet, tout déplacement entraîne une variation de capacité du circuit ouvert, donc une modification de sa fréquence de résonance : désaccord et perte d'énergie.

Une antenne doit être dégagée : c'est-à-dire éloignée, non seulement du sol, mais des obstacles naturels : arbres, murs, toits, etc..., ils absorbent le rayonnement : pertes d'énergie.

Une antenne doit être bonne conductrice aux courants HF; les meilleurs fils sont les fils de bronze d'au moins 12/10 de mm d'épaisseur ou encore les fils tressés de brins étamés.

230 *bis*. — Courbes de champ d'un émetteur. — Diagrammes du rayonnement d'une antenne d'émetteur et de plusieurs antennes associées. — On peut évaluer l'importance du rayonnement de l'antenne d'un émetteur en un lieu donné, en mesurant la tension haute fréquence entre les extrémités d'un circuit (bobinage) attaqué par une antenne de réception et accordé sur la longueur d'onde émise (nous rappelons la fig. 141 et le paragr. 204 sur le rayonnement, et, par ailleurs, la fig. 153 et le paragr. 216 à propos de la tension HF aux bornes d'un circuit accordé).

Ces mesures de tension HF ont lieu par comparaison avec les tensions fournies par un petit oscillateur local étalonné. Elles sont exprimées en microvolts si le champ électrique est faible (émetteurs lointains) ou en millivolts si le champ est plus puissant : 1 microvolt = 1/1.000.000e de volt; 1 millivolt = 1/1.000e de volt. Ces mesures expriment *la grandeur du champ électrique HF* développé par l'émetteur en un point donné.

On appelle courbe du champ d'une émetteur une ligne (tracée sur une carte géographique par exemple) *passant par tous les points où le nombre de microvolts*

HF développés par un émetteur est le même, autrement dit où le champ de l'émetteur a la même valeur. On peut donc tracer la courbe pour un champ de 1 millivolt, par exemple, ou pour 200 microvolts, etc., la seconde étant naturellement plus éloignée du poste émetteur.

Il importe de ne pas confondre ces courbes de champ avec *le diagramme du rayonnement de l'antenne*, qui s'obtient autrement et qui est une figure géométrique établie sur le papier.

Revenons à la courbe de champ; elle devrait être, dans les meilleurs cas, *une circonférence ayant l'émetteur pour centre*. Les variations de propagation de l'onde, l'influence des rayonnements d'autres émetteurs, l'absorption dans les régions boisées, les massifs montagneux, etc., font qu'à distance ces courbes sont loin d'être le cercle théorique. Nous allons parler en effet plus loin des fantaisies de la propagation des ondes (paragr. 233).

Ce n'est qu'à faible distance de l'émetteur que l'on pourrait espérer relever une courbe de champ circulaire, *si l'antenne d'émission est verticale*. Et encore, pour les ondes très courtes en-dessous de 10 mètres de longueur d'onde (fréquence supérieure à 30.000.000 périodes/s ou 30 mégacycles/s), le rayonnement, même à faible distance, tout comme pour une source de lumière, est arrêté par les obstacles (murs, maisons, collines, etc.) qui font *écrans*.

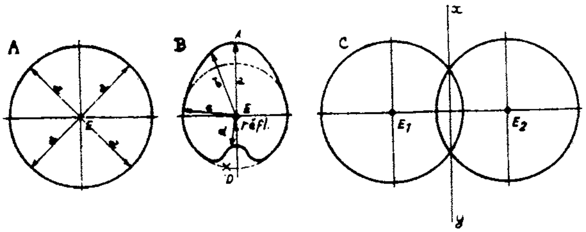


FIG. 181

A : Diagramme de rayonnement d'un émetteur E : l'intensité a *est la même dans toutes les directions; le diagramme est donc un cercle de rayon* a. — *B : Diagramme d'un émetteur E possédant une antenne secondaire en « réflecteur ». En pointillé le même diagramme s'il n'y avait pas de réflecteur. On voit que l'intensité* d *dans la direction du point D a une valeur beaucoup plus faible que l'intensité dans la direction du point A.* — *C : Diagramme circulaire de deux émetteurs voisins égaux en puissance. Sur l'axe* x y *on les entend tous les deux avec la même intensité.*

C'est pourquoi on ne trace pas le diagramme du rayonnement d'une antenne d'après la courbe de champ. On porte sur le papier dans chaque direction autour de l'émetteur des longueurs proportionnées à l'intensité du rayonnement dans cette direction. (évaluée par la grandeur du champ *théorique* à une distance donnée, s'il n'y avait aucune absorption. Ce *diagramme de rayonnement* sera donc une circonférence parfaite dans le cas d'une antenne verticale, seule (fig. 181).

Si l'on place une antenne secondaire, dite « réflecteur », derrière le mât de l'antenne rayonnante, on peut déformer le diagramme obtenu et favoriser de ce fait l'écoute dans certaines directions. Ainsi en est-il pour le diagramme de la fig. 181 B, dit « cardoïde », parce qu'il est en forme de cœur.

Cette antenne secondaire est soit reliée comme un contrepoids, soit alimentée par l'émetteur en courant haute fréquence, mais décalé par rapport aux variations du courant HF de l'antenne principale.

Deux postes émetteurs peuvent aussi alimenter deux antennes voisines; leurs

diagrammes circulaires se coupent donc et l'axe $x\ y$ est mené par les points d'intersection des deux diagrammes est tel que tous les récepteurs placés sur cet axe pourront entendre avec force égale les emetteurs E_1 et E_2. (Ceux-ci sont égaux en puissance, puisqu'ils donnent même champ à même distance.) Cette remar-

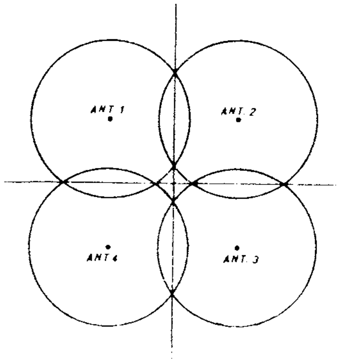


FIG. 181 *bis*

Diagramme de rayonnement de 4 antennes verticales (système utilisé dans la radiogoniométrie). Voir paragraphe 302 bis.

que est exploitée pour le radioguidage des avions dont nous parlons au paragraphe 302 *bis* en technologie, E_1 et E_2 émettant sur la même longueur d'onde, mais des signaux différents.

231. — Antennes de réception. — Le récepteur captera une portion de l'énergie rayonnée grâce à un circuit oscillant ouvert analogue à celui qui a produit le rayonnement : *les antennes des récepteurs sont donc analogues aux antennes des émetteurs.*

Elles devront posséder les mêmes qualités (paragr. 230). *Une même antenne peut être utilisée pour la réception et l'émission* (solution des postes émetteurs-récepteurs de campagne).

231 *bis*. — Diagrammes des antennes de réception. — On peut, tout aussi bien que pour une antenne d'émission, tracer le diagramme d'une antenne de réception. Bien entendu, cette dernière ne rayonne pas, puisqu'elle est réceptrice et non émettrice. Mais le diagramme est tracé en proportionnant les « rayons » (on dit vecteurs, voir paragr. 156, note) à la tension développée dans l'antenne par des rayonnements de même intensité venus de chaque direction.

Il s'agit toujours d'une circonférence ayant le mât d'antenne pour centre, si le récepteur est équipé d'une antenne verticale.

Ces diagrammes sont utiles lorsqu'on installe plusieurs antennes pour un même récepteur, chacune attaquant un bobinage différent, chacun de ces bobinages étant couplé au circuit d'entrée du récepteur. En associant ainsi quatre antennes et en montant les enroulements du circuit d'entrée sur un axe de rotation qui permet de les coupler aux bobinages de l'une ou l'autre des quatre antennes, on peut utiliser les tensions reçues par celles-ci, soit en opposition, soit conjuguées (c'est-à-dire s'additionnant); si les quatre antennes (fig. 181 *bis*) sont orientées nord-sud et est-ouest, on obtiendra un renforcement ou une extinction de la réception (par opposition des signaux qui s'annulent dans le circuit récepteur), selon la position géographique de l'émetteur capté. Cette particularité est exploitée pour la recherche de la position d'émetteurs (recherche d'émetteurs ennemis ou clandestins). C'est ce qu'on appelle la radiogoniométrie; elle peut donc être pratiquée avec quatre antennes de réception orientées, aussi bien que par l'ancien système des cadres que nous exposons plus loin (paragr. 235 et 302).

En technologie nous décrirons les appareils mettant en œuvre ce procédé.

VINGT-CINQUIÈME LEÇON

EMISSION ET PROPAGATION DU RAYONNEMENT

232. — Représentation schématique d'un émetteur. — Nous avons établi la méthode de génération d'une onde amortie (paragraphe 214) ; nous avons établi de même la génération d'une onde entretenue et le principe de sa modulation (§ 222 à 224). Nous avons étudié lés circuits haute fréquence, donc la possibilité de transmettre les oscillations d'un circuit à l'autre (§ 218, 219, 220) ; nous avons enfin examiné les circuits oscillants ouverts qui rayonneront l'onde (paragraphes 225, 226, 227, 228, 229) ; ces données nous suffisent pour tracer schématiquement la composition d'un émetteur.

Schéma complet d'un émetteur a ondes amorties (fig. 182). — Nous y trouvons tous les éléments dont nous avons appris le

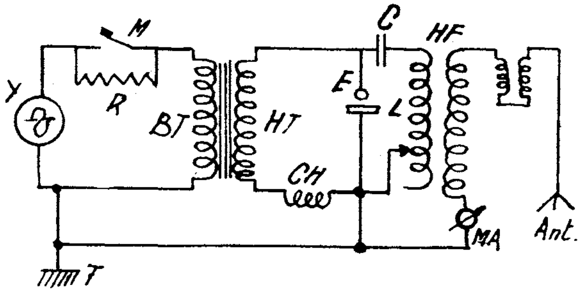


Fig. 182

Schéma d'un émetteur complet d'ondes amorties à étincelle (appareil K 12 et alternateur Y utilisés il y a 40 ans sur les avions; les émetteurs d'ondes entretenues l'ont remplacé).

rôle; seuls, deux accessoires sont en supplément; la résistance R, d'une grande valeur (500.000 ohms par exemple) qui empêche la rupture complète lorsqu'on relève le manipulateur M, ce qui occasionnerait des étincelles; la « self de choc » *Ch* qui empêche que l'oscillation haute fréquence développée dans le circuit LC ne soit mise en court-circuit par l'enroulement du transfo.

En effet, une self arrête d'autant mieux un courant alternatif que sa fréquence est plus élevée (paragraphe 171) ; elle livre donc passage au courant BF venu du transfo pour charger le condensateur, mais elle arrête le courant HF du circuit LC.

Nous avons un alternateur Y, un manipulateur M pour l'envoi des signaux Morse, un transformateur élevant la tension, un circuit oscillant LC dont la longueur d'onde varie avec la longueur de L, un transformateur HF, une self variable V pour accorder l'antenne, et une antenne ANT déroulée sous l'avion. Le milliampèremètre mA contrôle l'émission.

SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN ÉMETTEUR DE RADIOTÉLÉGRAPHIE SUR ONDES ENTRETENUES (fig. 183). — Cet émetteur fait appel, pour l'entretien des oscillations du circuit LC, à une lampe de Radio; nous n'avons figuré que le principe : S_1 et S_2 sont des sources de

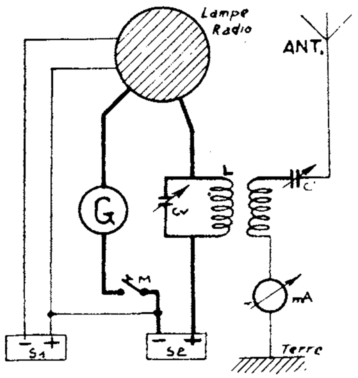


FIG. 183

Schéma de principe d'un émetteur de radiotélégraphie sur ondes entretenues.

courant qui donneront à la lampe l'énergie qu'elle emploiera à entretenir les oscillations dans LC, nous verrons comment au paragraphe 259 de cet ouvrage. G est un circuit spécial nécessaire à la lampe pour cette fonction. Le manipulateur M permet de couper l'onde en traits et points, la longueur d'onde est choisie par la variation du condensateur CV, le condensateur C' permet d'accorder l'antenne, le milliampèremètre *m*A mesure le courant HF et contrôle donc l'émission.

Si la source de courant S_2 est alternative et non continue, l'oscillation haute fréquence sera automatiquement modulée à la fréquence de S_2, ce qui donne la fréquence du son des signaux morse.

SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN ÉMETTEUR DE RADIOTÉLÉPHONIE : ONDES ENTRETENUES MODULÉES (fig. 184). — L'émetteur est semblable au précédent : il fait appel à une lampe et aux sources de courant alimentant cette lampe pour entretenir l'oscillation HF du circuit LC. Mais la lampe est aussi alimentée par le courant variable venu d'un microphone à travers un transformateur T et un dispositif amplificateur. L'onde, par suite, est modulée par ce courant venu des sons émis devant le microphone (modulation en amplitude).

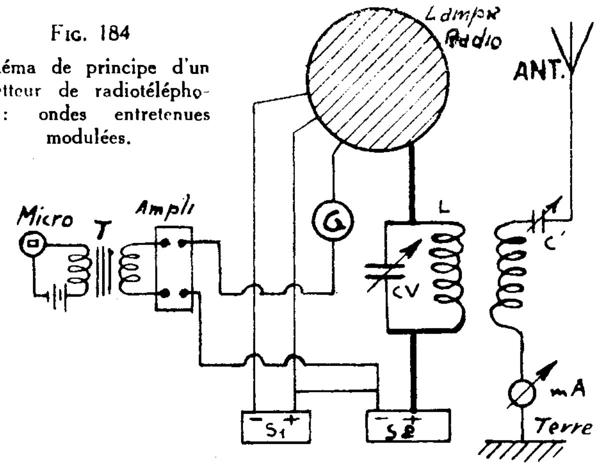


Fig. 184
Schéma de principe d'un émetteur de radiotéléphonie : ondes entretenues modulées.

233. — Propagation du rayonnement. — Nous savons que l'énergie est rayonnée à travers l'espace par l'antenne de l'émetteur.

On a donné le nom d'ondes à ce rayonnement par analogie avec la propagation d'un ébranlement à la surface de l'eau. Mais au lieu de se manifester dans un seul plan (surface de l'eau), l'énergie variable à haute fréquence du rayonnement hertzien est émise en principe dans toutes les directions.

Ceci n'est plus vrai dans le cas des antennes « dirigées » sur O.C. et sur O.T.C. (très hautes fréquences) où le rayonnement est avantagé dans une direction choisie grâce à la réflexion des ondes sur d'autres éléments d'antennes parallèles, isolés, mais non reliés à l'émetteur, qui servent de *réflecteurs.*

L'énergie rayonnée se manifeste sous la forme d'un *champ magnétique variable* (à la fréquence du courant dans l'antenne d'émission) et *d'un champ électrique variable.* L'un de ces deux champs pourra induire dans une antenne ou un cadre de réception un courant variable, d'où une tension variable appliquée aux bornes d'entrée du récepteur : « signal » capté.

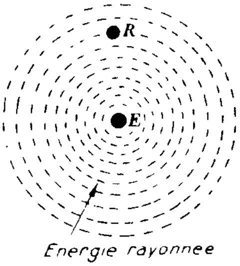


Fig. 185
L'énergie HF développée sur l'antenne d'émission E est rayonnée, et l'antenne de réception R en capte une partie.

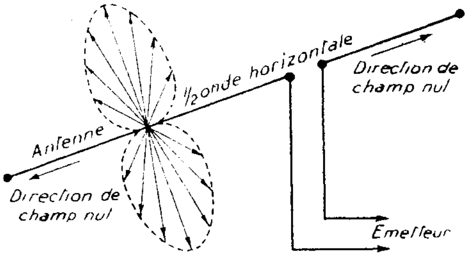


Fig. 185 *bis*
Diagramme de rayonnement à partir d'un point d'une antenne horizontale demi-onde d'émission.

Rayonnement d'une antenne verticale

L'énergie captée est une fraction de l'énergie émise. On peut admettre que l'énergie de l'émetteur est rayonnée, en plan, concentriquement (fig. 185) dans le cas d'une antenne verticale à l'émission.

Nous l'avons vu au paragraphe 230 *bis* en traçant le diagramme du champ d'une antenne d'émission. L'espace s'élargissant à mesure que la distance croît, et une absorption d'énergie étant réalisée non seulement par les récepteurs, mais dans les obstacles rencontrés, *l'énergie qui pourra être captée par un récepteur sera d'autant plus faible que la distance entre émetteur et récepteur sera grande.* Elle dépendra aussi de l'énergie émise : *l'énergie qui pourra être captée en un point choisi pour réception sera d'autant plus grande, en général, que la puissance de l'émission est grande.*

Rayonnement d'une antenne horizontale. — **Dans ce cas,** l'antenne est alimentée en son centre par une ligne bifilaire dont l'impédance est adaptée, par transformateurs aux extrémités, d'une part à l'impédance caractéristique de l'antenne, d'autre part, à l'impédance du circuit de sortie de l'émetteur. Ainsi on évite les pertes dans la ligne, et le centre de l'antenne horizontale est le siège d'un courant H.F. max (revoir fig.173).

En un point considéré d'un brin de l'antenne horizontale, le rayonnement est maximum dans le plan vertical perpendiculaire à l'antenne, il est moindre dans les plans verticaux coupant obliquement l'antenne, et il est presque nul dans le plan vertical placé dans le sens de l'antenne. La figure 185 *bis* montre ainsi le diagramme de champ d'un point d'une antenne, demi-onde, mais dans un seul plan. Les flèches existent en fait dans toutes les directions et leurs longueurs montrent que le champ est max. dans les directions perpendiculaires à l'antenne, et nul dans le sens du fil d'antenne. Au départ, en volume, le diagramme « toutes directions » serait donc un tore (forme d'une chambre à l'air d'auto gonflée dont le diamètre intérieur serait très petit).

En fait, dans certaines directions, le champ HF est très vite arrêté et réfléchi par des obstacles (direction du sol, tout d'abord).

Marche d'un rayonnement hertzien. — Le rayonnement parti de l'antenne d'émission en direction du sol couvre celui-ci dans une zone dont la portée-limite est l'horizon vu de l'antenne d'émission. C'est *l'onde directe.* On dit qu'elle a une portée « optique ». La courbure de la terre donne une portée d'environ 60 km de rayon pour une antenne d'émission placée à 300 mètres de haut (cas des émissions de télévision de la Tour Eiffel; longueur d'onde : 6 m 50 et 7 m 14). Cette zone est celle délimitée par le rayon AB (fig. 186).

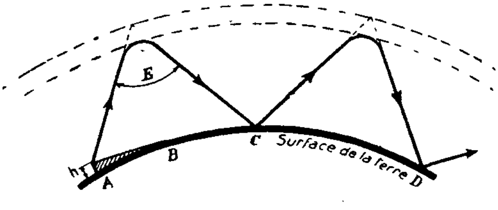


Fig. 186

Marche du rayonnement issu d'un émetteur E.

Les antennes de réception placées dans cette zone reçoivent l'onde directe, si elles sont en vue du point d'émission, plus le rayonnement venu du même émetteur, mais réfléchi vers elles par le sol et les obstacles qu'il porte (*onde de sol*).

La réception est assez régulière et relativement sûre. Mais tout engagement de l'antenne de réception dans un creux compromet la réception pour les fréquences élevées (O.T.C. : « ondes métriques »).

L'onde d'espace se propage dans l'atmosphère en toutes directions. Une partie de ce rayonnement ne franchit pas les couches ionisées de l'atmosphère; en effet le rayonnement qui attaque la couche sous un certain angle est réfléchi vers le sol (fig. 186), d'où (point C) il est à nouveau réfléchi vers l'ionosphère, et continue sa marche en ligne brisée.

L'angle de réflexion « E » *dépend de la fréquence* du signal HF transmis, ce qui explique la marche et la portée différentes selon la longueur d'onde.

La hauteur et la densité de la couche ionisée réfléchissante dépendent du jour ou de la nuit, de la position du soleil, etc.., D'où *les « caprices de la propagation »*.

On remarque que pour certaines longueurs d'onde (O.C. de 10 à 60 mètres) l'angle est tel qu'entre B et C aucune onde réfléchie ne vient de l'ionosphère, et il n'y a pas non plus d'onde directe. La réception de ces signaux y sera nulle, ce sera une *zone de silence* en forme de couronne autour de l'émetteur O.C. considéré. Pour les grandes longueurs d'onde (600 à 2.000 mètres), l'angle est tel que C se trouve dans la zone d'ondes directes, entre A et B, et il n'y a pas de zone de silence.

La signal capté par l'antenne de réception est donc bien une faible fraction de l'énergie émise et son intensité dépend d'une foule de conditions. Le tableau ci-après montre les résultats en portée obtenus pour différentes longueurs d'onde.

On peut reconnaître aux diverses longueurs d'onde les qualités de propagation suivantes :

Ondes	*Longueur d'onde*	*Observations*	*Exemples de portée*
T.G.O.	20.000 à 3.000 m.	Marche identique jour et nuit. Demandent grandes puissances. Ne sont plus employées.	15.000 avec 1.000 kilowatts fournis.
G.O. et O.M.	3.000 à 600 m.	Marche semblable jour et nuit. Grandes portées impossibles. Grandes puissances nécessaires.	2.000 km. avec 100 kilowatts fournis.
P.O.	600 à 200 m.	Portée bien meilleure la nuit. Evanouissements.	2.000 km. avec 50 kw. la nuit; 200 km. avec 50 kw. le jour.
O.C.	200 à 60 m.	Portée bien meilleure la nuit. Puissances réduites.	5.000 km. avec 10 kw.; 200 km. sûrs avec 100 watts ou moins.
		Liaison sûre à courte distance. Au delà : caprices...	
O.C.	60 à 10 m.	60 à 30 m. : préfèrent la nuit. 35 à 25 m. : trajets mi-jour, mi-nuit. 25 à 10 m. : préfèrent le jour.	Le tour du monde avec quelques dizaines de watts.
O.T.C.	Moins de 10 m.	Ondes visuelles : les obstacles (montagnes, arbres) les arrêtent.	50 à 10 km. utiles avec 10 à 50 watts.

Fading. — Un récepteur reçoit en général le même signal par plusieurs radiations ayant suivi des trajets différents (ondes d'espace, ondes de sol avec réflexions sur obstacles). Elles peuvent arriver en phase et s'additionner, elles peuvent être déphasées, par moments, selon les variations de la couche ionisée, et s'opposer. Le signal HF à l'entrée du récepteur variera donc d'ampleur au cours de la réception : fading. Cela est très sensible sur les longueurs d'onde O.C. et P.O., soit de 10 à 500 mètres (30.000 à 600 kc/s). On ne pourra y parer que par un réglage automatique de sa sensibilité du récepteur en fonction de l'ampleur du signal à l'entrée (antifading ou V.C.A., voir paragraphe 310).

L'antenne verticale favorise l'onde de sol (donc pour transmissions à portée optique, faible distance).

L'antenne horizontale favorise l'onde d'espace (transmissions à grande distance).

L'antenne avec réflecteur permet d'avantager dans une direction privilégiée.

Les différentes émissions se distinguent par la fréquence, donc la longueur d'onde. sur laquelle elles sont émises; c'est au récepteur qu'il appartient de les sélectionner pour obtenir l'écoute de l'émission désirée.

VINGT-SIXIÈME LEÇON

RÉCEPTION
ACCUEIL DES ONDES
SÉLECTION DE L'ONDE DÉSIRÉE

234. — Dispositif d'accueil des ondes : le circuit antenne-terre. — Un circuit oscillant ouvert (voir paragraphe 225) placé dans le champ magnétique variable créé par l'énergie rayonnée d'un émetteur, développera des oscillations haute fréquence qui reproduiront les oscillations appliquées à l'antenne de l'émetteur, puisqu'il s'agit d'une portion de l'énergie rayonnée.

Les émissions ayant la même fréquence que la fréquence de résonance du circuit récepteur seront favorisées : le courant HF sera maximum; celles ayant une fréquence multiple de la fréquence de résonance bénéficieront du même avantage. Mais la courbe de résonance du circuit oscillant ouvert n'étant pas très aiguë, la même antenne de réception recevra pratiquement les émissions comprises dans une gamme étendue de fréquences.

Un accord de circuit pourrait être effectué, soit avec une self variable en série, soit avec un condensateur variable en série comme pour les antennes d'émission (fig. 174). Mais généralement, l'accord sur la fréquence de l'émission désirée sera surtout demandé aux circuits

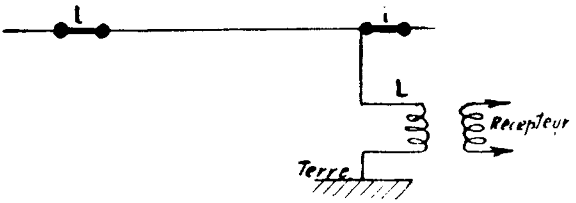


FIG. 187

Accueil des ondes : antenne de réception en L renversé, prise de terre et bobinage de liaison aux autres circuits du récepteur *i i* isolateurs.

fermés qui, dans le récepteur, recevront les oscillations développées dans le circuit oscillant ouvert qu'est le circuit antenne-terre.

Le dispositif antenne-terre du récepteur sera analogue à celui de l'émetteur : toute l'étude faite sur les différentes antennes, leur forme, leurs qualités, la prise de terre, le contrepoids, dans la 24ᵉ leçon,

paragraphes 225, 226, 229, 230 est donc valable pour les antennes de réception.

L'antenne du récepteur sera généralement une antenne en quart d'onde : reliée à la terre à sa base. Comme le courant HF est maximum à la base dans ces antennes, *c'est entre l'extrémité de la descente d'antenne et la terre que sera placé le bobinage destiné à transmettre la tension HF* (on dit « le signal ») *aux autres circuits du récepteur.*

La figure 187 représente donc le dispositif complet d'accueil des ondes nécessaire à l'entrée du récepteur.

235. — Autre système collecteur d'ondes : le cadre. — Si l'on donne au bobinage L une dimension très importante, en faisant par exemple un enroulement de 50 spires autour d'un cadre carré de 1 m. de côté, l'énergie rayonnée peut créer aux bornes de ce bobinage une tension HF que le récepteur utilisera : l'antenne et la terre seront supprimées.

Le cadre est un collecteur d'ondes de faible rendement. C'est un circuit fermé que l'on accorde par une capacité variable CV, il n'a pas l'efficacité d'un circuit ouvert comme le système antenne-terre.

Le cadre a l'avantage d'avoir un pouvoir directif : Lorsque le plan de ses spires est perpendiculaire à la direction de l'émission, la réception disparaît totalement.

Cette particularité lui donne un emploi précieux : un récepteur muni d'un cadre pourra déterminer la direction d'une station d'émission (le dispositif, sous le nom de *radiogoniométrie*, sert aux navires et aux avions pour se diriger et a permis le pilotage sans visibilité, l'émetteur se trouvant au but à atteindre et le cadre étant solidaire de l'avion). Deux récepteurs munis de cadres et placés en des lieux différents permettront, en traçant sur la carte les deux directions trouvées de déterminer la situation de l'émetteur (recherche des émetteurs clandestins). Nous décrivons ces dispositifs au paragraphe 302 de ce volume, partie technologie.

En Radio militaire, des postes de « gonio » (radiogoniométrie) sont de même utilisés pour découvrir l'emplacement des émetteurs ennemis, des navires ou avions ennemis.

Le cadre donnant un signal HF beaucoup plus faible qu'une antenne, l'amplification dans le récepteur devra être nettement plus importante.

236. — Circuits haute fréquence de liaison et de synthonie. — L'application directe de l'étude des circuits HF couplés, faite aux paragraphes 216, 217, 218, 219, 220 (22ᵉ leçon) nous permettra d'établir les circuits du récepteur.

On appelle circuit de synthonie ou circuit d'accord un circuit fermé (bobinage et condensateur en parallèle) *dont la fréquence de résonance est réglée par l'opérateur, de façon à être celle de l'émission désirée.* Si donc le système collecteur (antenne-terre) a accueilli toutes

les émissions exerçant une influence suffisante au lieu de réception, le circuit oscillant d'accord ne fera apparaître une tension HF entre ses bornes que pour l'émission ayant la même fréquence que sa fréquence personnelle de résonance (c'est-à-dire aussi la même longueur d'onde).

On appelle sélectivité la qualité d'un circuit d'accord séparant parfaitement les différentes émissions, en affaiblissant au maximum toutes celles qui sont différentes de la fréquence d'accord. Nous savons (paragraphe 216) que cet effet sera obtenu si la courbe de résonance du circuit est aiguë. Elle l'est lorsque le facteur de surtension est élevé (résistance faible, pertes faibles dans le circuit, amortissement faible).

Nous savons que la courbe de résonance peut être améliorée et présenter un *effet de filtre de bande* ne laissant passer que la fréquence

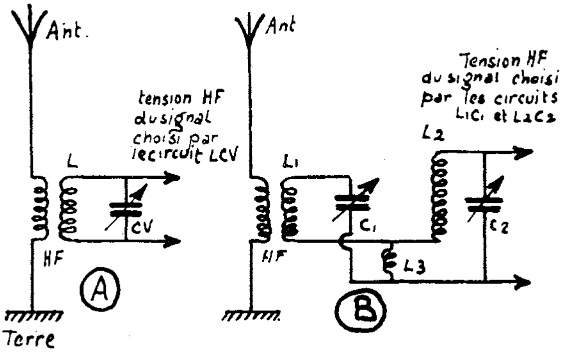


FIG. 188

Circuits haute fréquence d'accord, avec couplage à l'antenne par transformateur haute fréquence. Dans le montage B, un filtre de bande est réalisé grâce aux deux circuits accordés L_1 C_1 et L_2 C_2 couplés par L_3, et la sélection des ondes est donc encore mieux réalisée.

désirée et celles immédiatement voisines si deux circuits accordés tous deux sont couplés au couplage critique (assez lâche). Or, en radiotéléphonie, l'émission a pour fréquence la fréquence de l'onde porteuse, mais la modulation de l'onde fait que de part et d'autre de cette fréquence les fréquences voisines sont émises également. L'effet de filtre de bande permet donc de recevoir la bande de fréquences de l'émission, et rien qu'elle (fig. 159).

Les circuits haute fréquence du récepteur devront parfois être indépendants électriquement, mais se transmettre le signal, pour l'amplifier par exemple.

En appliquant le principe du couplage de deux circuits oscillants, le transformateur haute fréquence Tesla par exemple, ou en Oudin (paragraphe 219), il sera possible de transmettre les oscillations d'un circuit à l'autre. La figure 188 montre l'application de tous ces principes.

En conclusion, les circuits haute fréquence d'un récepteur seront à la fois circuits d'accord et circuits de liaison pour le signal HF et ils le transmettront d'autant mieux que leur impédance sera plus élevée, ce qui est le cas lorsqu'ils sont accordés sur la même fréquence que le signal.

237. — Variation d'accord des circuits de réception. — *La variation d'accord de chacun des circuits haute fréquence du récepteur se fera de préférence par variation de la capacité : condensateur variable.*

Un même bobinage permettra ainsi l'accord sur une gamme de longueurs d'ondes comprises entre la longueur d'onde obtenue lorsque le condensateur variable est au minimum (ouvert), et celle obtenue lorsqu'il est à son maximum.

Les condensateurs variables ont généralement une capacité maximum de 500 picofarads (500 $\mu\mu$F ou pF). Avec cette valeur, un bobinage dit « petites ondes » donne l'accord du circuit sur 200 mètres de longueur d'onde avec la capacité minimum, et 550 mètres avec la capacité maximum. Toutes les émissions comprises entre ces deux valeurs peuvent donc êtres reçues.

Si dans un récepteur plusieurs circuits haute fréquence sont à accorder, il est possible, en donnant aux bobinages des valeurs rigoureuses, de grouper les condensateurs variables sur un même axe : la *commande unique* est ainsi obtenue.

VINGT-SEPTIÈME LEÇON

RÉCEPTION : UTILISATION DE L'ONDE

1° DÉTECTION

Le signal haute fréquence reçu et sélectionné reproduit fidèlement les oscillations haute fréquence développées dans l'émetteur. Mais il importe d'obtenir ce qui a été le but de la transmission : signaux morse ou sons (parole ou musique).

Nous avons dit que *l'onde n'est qu'un moyen de transport*. Il s'agit donc de « décharger le véhicule ». Il faut faire restituer à l'onde l'oscillation basse fréquence qui a déformé (modulé) son amplitude au départ, et qui n'est autre que le son. Ce son peut être uniforme, mais découpé en traits et points (radiotélégraphie) ; il peut être la parole ou la musique (radiotéléphonie). Cherchons d'abord à l'obtenir : déchargeons le véhicule. Cette opération s'appelle la *détection* de l'onde (détecter signifie faire apparaître). Dans tout ce qui suit, sauf au paragraphe 242, nous parlons seulement de la détection des ondes qui ont été modulées en amplitude et non de celles modulées en fréquence, la théorie de la réception de ces dernières étant donnée au paragraphe 242.

238. — Détection d'un signal haute fréquence. — La détection est obtenue simplement par le redressement du signal qui n'est qu'un courant alternatif haute fréquence. Comme pour les courants alternatifs ordinaires étudiés en électricité (voir paragraphe 199), il suffira :

1° De supprimer une alternance sur deux en ne laissant passer le courant que dans un seul sens;

2° De niveler les demi-oscillations obtenues en plaçant un condensateur en parallèle sur le circuit d'utilisation du courant obtenu.

Comme les alternances du courant n'avaient pas une amplitude égale puisque l'onde HF avait été modulée, au lieu d'obtenir un courant continu comme dans le cas des courants électriques du paragraphe 199, on obtiendra un courant variable suivant les variations de la modulation. La figure 170 montre clairement les résultats de l'opération de la détection : dans les trois cas (ondes amorties, ondes entretenues modulées de télégraphie, ondes entretenues modulées par téléphonie), toutes les alternances placées sous l'axe seront supprimées, le courant ne passant que dans un seul sens. Et un condensateur (qui sera ici de faible capacité, suffisante pour un courant de haute fré-

quence, 0,1/1.000 de MFd suffit), permettra, en se déchargeant, de niveler les demi-oscillations restées; le courant obtenu aura la forme de leur ligne de crête, le trait pointillé de la figure 170, forme qui a été déterminée par la modulation (sons).

239. — Détecteurs employés. — *Le détecteur n'est pas autre chose, par définition, qu'un redresseur.* Il ne doit laisser passer facilement le courant que dans un sens. Les redresseurs employés en électricité et cités au paragraphe 201 ne sont plus employés en T.S.F., quoiqu'ils aient tous été expérimentés.

Ceux qui s'accommodent le mieux des courants haute fréquence sont :

LE DÉTECTEUR A CRISTAL. — Une pointe fine de cuivre ou d'argent en contact avec un cristal de galène (minerai de plomb). La figure 139 en représente un modèle. Il a été très employé en Radio militaire en 1918, il fut encore très employé pour l'écoute sur casque avec récepteur très économique.

On avait cru abandonner le détecteur à cristal de 1925 à 1939, parce que les détecteurs à lampes avaient le mérite de pouvoir amplifier le signal détecté. Mais on préfère de plus en plus amplifier le signal par d'autres lampes que celle qui détecte; la détectrice est alors une « diode » qui n'amplifie pas plus que le cristal. Et pour certains cas (détection de signaux de très haute fréquence en ondes métriques, décimétriques et même centimétriques), la diode présente une trop grande *capacité* entre ses électrodes. Dans ces cas-là, on réutilise des détecteurs à cristal où la capacité est très réduite puisque l'une des électrodes ne présente que la surface d'une fine pointe. Ces détecteurs à cristaux modernes emploient le *germanium* ou le *silicium* à la place de la galène (exemple 1 N 34 Sylvania ou Westectal, C.S.F., C.F.T.H., etc...). Ils sont indéréglables car la pointe est immobilisée sur le cristal.

Des cristaux « triodes » à effet amplificateur grâce à l'application d'une tension négative dans la zone d'exploration de la pointe ont été réalisés sous le nom de *transistors*. Une faible tension négative appliquée au collecteur déclenche le fonctionnement. Ces cristaux sont des *amplificateurs de courant* et peuvent remplacer les lampes de radio.(1)

LE DÉTECTEUR A LAMPE DIODE OU VALVE DE T. S. F. — Très intéressant, car il ne se dérègle jamais, il n'amplifie cependant pas le signal détecté. Il est très fidèle, c'est-à-dire qu'il ne déforme guère le courant variable qu'il extrait de l'oscillation haute fréquence.

LE DÉTECTEUR A LAMPE TRIODE. — La lampe triode est un perfectionnement considérable de la lampe diode; non seulement elle peut détecter, mais elle peut en même temps amplifier le signal.

Nous étudierons diodes et triodes dans la 28e leçon.

240. — Schéma du circuit de détection d'un récepteur. — Il suffit de placer le détecteur (détecteur à galène par exemple, puisque nous le connaissons) en série dans un circuit aux bornes duquel est appliquée l'oscillation haute fréquence. Le courant

(1) Lire l'ouvrage « *Ce qu'il faut savoir des semi-conducteurs : diodes et transistors* », par Lucien CHRÉTIEN, 90 pages. Editions Chiron, Paris (6e). Ce livre est indispensable aux spécialistes des transmissions qui abordent les récents appareils à circuits d'amplification à cristaux.

qui y circulera sera un courant basse fréquence, l'oscillation HF ayant disparu par la suppression de la moitié des alternances.

La figure 189 donne ainsi le schéma simple d'un récepteur. Il y a lieu de remarquer que la partie du schéma, à gauche de la ligne pointillée, est le siège d'une oscillation *haute fréquence;* à droite de la ligne, c'est-à-dire dès le circuit de détection, c'est le domaine de la *basse fréquence.*

A gauche, les courants varient à des millions de périodes à la seconde; à droite, quelques milliers de périodes à la seconde. Aussi la valeur des organes varie-t-elle en proportion, suivant qu'ils seront employés en HF ou en BF : ainsi, un condensateur aura en HF une valeur comprise entre 0,05 et 1/1.000 de uF, suivant son emploi; en BF il aura une valeur comprise entre 1/1.000 de uF et 25 ou même 50 microfarads, selon le cuircuit :

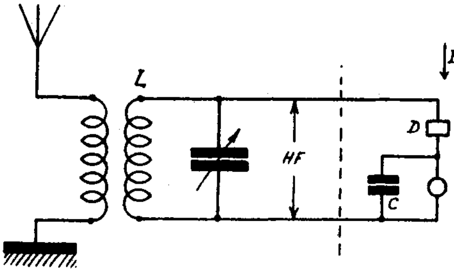


FIG. 189
Schéma d'un récepteur simple; D = détecteur; T, dispositif d'utilisation du courant variable BF obtenu (ce sera un écouteur téléphonique); C, condensateur de 1.000 pF qui nivelle les demi-oscillations HF.

POSSIBILITÉS D'AMPLIFICATION. — D'autre part, il y a lieu de faire la remarque suivante : si l'on veut amplifier les courants obtenus, car le courant tiré de l'énergie reçue par l'antenne est très faible, l'amplification pourra être faite avant ou après détection. On aura donc : *l'amplification haute fréquence* et *l'amplification basse fréquence.*

La première est utile pour obtenir de la sensibilité, c'est-à-dire l'exploitation de signaux HF très faibles. La seconde est utile pour obtenir une plus grande puissance sonore.

2° REPRODUCTION SONORE

Le courant variable à basse fréquence obtenu après détection possède la fréquence exacte des sons. Il permettra de les reproduire à l'aide, soit d'un écouteur du type des écouteurs téléphoniques, soit d'un haut-parleur, suivant les cas.

241. — Fonctionnement d'un écouteur : reproduction des sons. — L'écouteur téléphonique se compose d'un petit aimant, droit ou en fer à cheval, placé devant une plaque de fer doux de faible épaisseur (fig. 190). Au repos, cette membrane est légèrement incurvée vers l'aimant qui l'attire, sans toutefois le toucher. Des enroulements d'un millier de tours de fil fin autour des pôles de l'aimant

sont traversés par le courant variable à basse fréquence. Il s'ensuit des variations d'aimantation, et la membrane est tour à tour ou attirée, ou repoussée, suivant les alternances des oscillations basse fréquence : la membrane vibre donc à la fréquence du courant; elle reproduit le son.

La réception est obtenue.

S'il s'agit de radiotélégraphie, l'opérateur entendra des sons brefs et des sons longs qui lui indiquent les points et les traits.

S'il s'agit de radiotéléphonie, il entendra les paroles prononcées par son correspondant.

En pratique, deux écouteurs sont généralement montés sur un « casque » et couvrent chaque oreille de l'opérateur. Ils sont branchés en série.

Afin qu'ils soient traversés par le courant basse fréquence, on les place en série dans le circuit du détecteur aux bornes du circuit oscil-

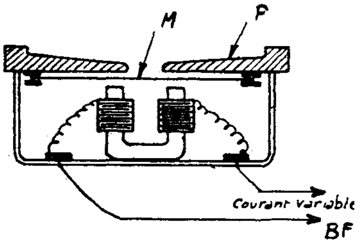


FIG. 190
Etude du fonctionnement d'un écouteur téléphonique.
M : membrane de fer doux.
P : pavillon.

lant HF, afin de fermer le circuit. Le condensateur C de 1/1.000 de MFd sert à éliminer la partie haute fréquence des demi-oscillations qui ont subsisté après la détection, en leur ouvrant un passage facile pour elles; sa faible valeur lui donne une impédance bien plus forte pour le courant basse fréquence.

Dans les récepteurs à lampes, les enroulements des écouteurs sont, de même, placés en série dans un circuit où passe le courant variable à basse fréquence.

241 *bis*. — *Les hauts-parleurs*. — Alors que l'écouteur téléphonique ne traduit que des énergies sonores faibles qui nécessitent la proximité de l'oreille, les hauts-parleurs sont destinés à ébranler l'air d'une pièce à la fréquence des sons, afin de les faire entendre à tous.

Un haut-parleur peut être construit sur le principe d'un écouteur téléphonique, avec un aimant plus puissant et une palette vibrante solidaire d'un pavillon ou membrane diffusant les sons (diffuseur électro-magnétique).

Il peut aussi faire appel au déplacement d'un petit bobinage placé dans le champ d'un aimant lorsque le courant variable le traverse, ce qui déplace une membrane conique (haut-parleur électrodynamique). Ce dernier a une bien plus grande fidélité de reproduction.

Mais un haut-parleur nécessite toujours une amplification basse fréquence importante, car il lui faut une forte énergie pour pouvoir ébranler l'air. Les récepteurs à lampes permettent cette amplification.

Le haut-parleur est peu employé dans le trafic en campagne, il peut être inutile et même gênant, car l'écoute doit être *discrète.* De plus, les postes portatifs de réception n'ont pas ainsi à effectuer une amplification basse fréquence de grande puissance qui nécessite une alimentation électrique importante. Le casque à écouteurs reste donc le procédé pratique employé par l'opérateur radio, qui y gagne également d'être mieux isolé des bruits extérieurs. Dans les postes de navires, au contraire, le haut-parleur est fréquemment utilisé.

242. — « Détection » des signaux BF lorsque la modulation de l'onde porteuse a été faite « en fréquence ».

Nous avons exposé au paragraphe 224 *bis* le principe du nouveau procédé de « modulation en fréquence ». Les Alliés s'en sont servi depuis 1944 sur les fronts d'Europe et du Pacifique. En radiotéléphonie militaire, à cause des avantages que nous avons cités, nous exploitons désormais le procédé, et c'est pourquoi nous l'enseignons à nos radios dès 1945.

La plupart des stations de radiodiffusion restent encore modulées en amplitude : pour transmettre toutes les fréquences musicales, et les nuances utiles, cette modulation leur imposera l'emploi des ondes très courtes, donc rayonnement à 50/60 km. La Radiodiffusion avec modulation en fréquence est pratiquée sur ondes métriques pour les transmissions à très haute fidélité musicale.

Il importe d'abord de comprendre que le détecteur ordinaire, tel que nous venons de le décrire (redresseur, que ce soit une galène ou une lampe de T.S.F.), ne révélera rien du tout pour une onde modulée en fréquence. On n'entendra rien.

Reprenons en effet notre fig. 170 *bis* et redressons le courant variable modulé en fréquence, dont nous avons représenté la courbe. L'amplitude des alternances étant toujours égale, le redresseur nous donnerait un courant moyen rigoureusement continu; la moyenne est toujours la même. Nous aurions le même résultat qu'au paragraphe 199 en redressant le courant du secteur. Le courant obtenu ne subit donc aucune variation BF; la plaque des écouteurs ne vibre pas.

Nous devons donc imaginer un détecteur spécial. On l'appellera « discriminateur », mais auparavant un premier circuit appelé « limiteur » nous garantira que les amplitudes sont toutes au même niveau, car les fantaisies de la propagation pourraient faire baisser le niveau transmis et nous voulons opérer sur une amplitude constante.

Limiteur d'amplitude. — Nous ne décrirons le circuit jouant ce rôle qu'en technologie (paragr. 315 de cet ouvrage), car pour le moment nous ne connaissons pas encore la technique des lampes de T.S.F. Il suffit de dire ici ce qu'il effectue. Par lui, le niveau de toutes les alternances est régularisé et *il est le même quel que soit l'émetteur capté.* Pour cela, on amplifie les signaux HF de façon importante dans les premiers étages du récepteur, à l'aide de lampes dont les circuits sont accordés sur la longueur d'onde désirée. Puis le « limiteur » coupe la partie supérieure de toutes les alternances. Par exemple, le limiteur est établi pour qu'à sa sortie l'amplitude maximum des tensions HF soit 1 volt. L'amplificateur qui précède fournit — pour n'importe quelle station — des signaux d'amplitude supérieure : exemple. 1,5 volt, 2,3 volts, etc.

Sur la figure 191, l'amplitude des signaux HF est de 2 volts. On voit en-dessous ce qu'obtient l'action du limiteur; le « seuil » de celui-ci étant réglé à 1 volt, il coupe « tout ce qui dépasse ». On aura donc bien des oscillations de 1 volt d'amplitude, constamment, quelle que soit la station reçue, et même si le champ rayonné venait à faiblir ou à augmenter un peu.

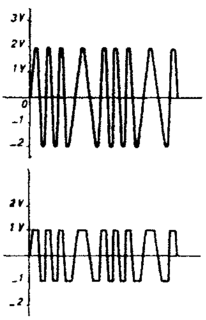


FIG. 191

Action du limiteur d'amplitude réglé pour un seuil de 1 volt sur les alternances d'une onde HF modulée en fréquence.

Discriminateur. — C'est lui qui remplace le détecteur; le limiteur n'a fait que lui préparer le travail.

Revoyons le paragraphe 216 (et 236) relatif aux circuits accordés sur la fréquence de l'onde désirée.

Si l'onde est modulée en fréquence, celle-ci varie autour d'une valeur moyenne. Les circuits HF de notre récepteur seront accordés sur cette fréquence moyenne.

La figure 153, au paragraphe 216, nous montre que la tension HF aux bornes d'un circuit accordé n'est maximum que lorsque le signal HF appliqué a exactement la fréquence de résonance du circuit. Si donc l'onde est modulée en fréquence, un circuit accordé sur la fréquence centrale autour de laquelle se fait la variation, pourra fournir une tension HF *d'amplitude variable* (à la fréquence du son qui avait causé la variation de fréquence, à la condition qu'un dispositif puisse mettre en évidence ces écarts de la tension HF.

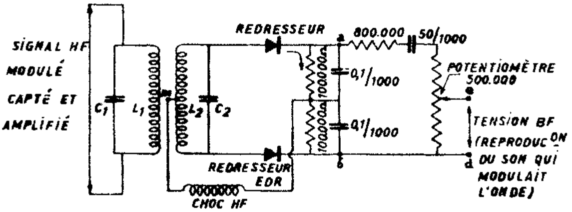


FIG. 191 bis

Dispositif discriminateur pour démodulation des ondes modulées en fréquence.

Le dispositif en question est un montage « en pont » du circuit oscillant avec deux redresseurs de courant montés en opposition (schéma fig. 191 *bis*). Les redresseurs en question sont des détecteurs aussi simples que les galènes et tous les redresseurs étudiés au paragraphe 201 du cours d'électricité. Très souvent, on utilisera deux diodes (lampes dont nous allons étudier le fonctionnement dans la prochaine leçon) souvent contenues dans le même tube de verre (exemple type 6H6 ou EB4).

On utilise aussi en redresseurs les détecteurs à cristaux au silicium et au germanium (exemple 1 N 34 *Sylvania*, Westectal de *Westinghouse*, etc...) et dans ce cas le schéma de principe de la figure 191 *bis* représente exactement le schéma en pratique.

Examinons la figure 191 *bis*.

L_1 C_1 est un circuit accordé sur la fréquence centrale du signal HF, tout comme les circuits précédents de l'amplificateur HF du récepteur.

L_2 C_2 également, et L_2 étant couplée à L_1 (bobinages voisins), cela forme un transformateur; la tension HF est donc transmise aux bornes L_2 C_2 (principe de la fig. 153).

Mais le bobinage L_2 est à prise médiane, si bien que de part et d'autre du point *m*, on obtient 2 tensions HF égales et de sens opposé, lorsque le signal HF est pur.

Lorsqu'il y a variation de fréquence, il y a rupture de l'équilibre des 2 branches formées par chaque moitié de L_2, et le circuit « redresseur-résistance de 100.000 ohms » monté aux bornes de chacune. Il s'ensuit une variation de tension *basse fréquence* (grâce au redresseur qui supprime une des deux alternances haute fréquence). Cette variation est exactement à la fréquence des variations de fréquence du signal aux bornes de L_2 C_2; c'est donc la fréquence du son qui avait causé la modulation en fréquence de l'onde.

Les condensateurs de 0,1/1.000 de microfarad permettent au circuit HF de se fermer, mais leur valeur est trop faible pour laisser passer le courant variable BF qui provoque donc une chute de tension dans les résistances de 100.000 ohms. La self de choc haute fréquence (ou branche médiane du « pont ») permet le passage du courant BF tout en arrêtant la haute fréquence, qui est ainsi séparée en deux circuits identiques à partir du point *m*.

La tension basse fréquence est donc disponible entre les points *a* et *b*. Pour la prendre, un condensateur de 50/1.000 de microfarad la laissera bien passer, et une prise variable sur une résistance de 500.000 ohms (potentiomètre) permettra d'en prendre tout ou partie, ce qui fera un réglage de puissance du son.

Mais il faut intercaler entre *a* et le condensateur de 50/1.000 une résistance de 800.000 ohms, qui empêchera que la haute fréquence ne vienne se promener avec la basse fréquence. La HF ayant son circuit fermé à travers 100.000 ohms évitera le circuit de 800.000 ohms + 500.000 ohms placé en parallèle entre *a* et *b*.

Entre *c* et *d* on peut brancher un écouteur (comme étudié au paragraphe 241) pour entendre le son. On peut aussi monter là un amplificateur basse fréquence à lampes, comme nous allons en étudier dans les leçons suivantes.

VINGT-HUITIÈME LEÇON

LA LAMPE DIODE ET TRIODE

L'insuffisance des ondes amorties nous a fait souhaiter l'entretien des oscillations haute fréquence par un dispositif simple.

L'insuffisance des détecteurs à cristaux nous a fait souhaiter un détecteur indéréglable.

Elle nous a fait souhaiter surtout un *dispositif amplifiant*, soit les oscillations haute fréquence, soit le courant basse fréquence.

Ces insuffisances, ce désir d'amplification, la lampe électronique les a comblés.

Nous avons dit souvent en parlant d'elle « lampe Radio » ou « lampe de T. S. F. » Sa vraie désignation, que nous allons pouvoir expliquer, est plutôt *lampe électronique* ou encore *tube électronique*.

1° LAMPE DIODE

243. — Principe de la lampe électronique : diode. — Lorsque, dans un tube où l'on fait le vide, un filament métallique est porté à l'incandescence, il émet des *électrons*. Nous savons que les électrons sont des particules mêmes de la matière, formés d'électricité négative (paragraphe 17).

Pour porter le filament à l'incandescence, on le fera simplement traverser par un courant électrique, comme un filament de lampe

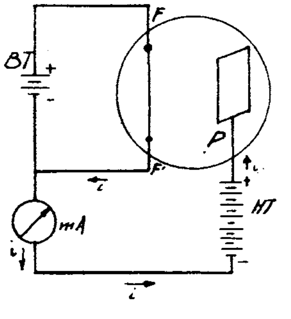


FIG. 192

Courant électronique *i* dans une lampe. FF′ est le filament chauffé libérant les électrons; P la plaque; mA le milliampèremètre.

d'éclairage. La tension est de 4 à 6 volts, le courant peut être de 60 milliampères. La source BT (fig. 192) (basse tension), sert donc uniquement à « chauffer » le filament.

Une plaque métallique est placée dans la même ampoule. Si on la

porte à un *potentiel positif par rapport au filament*, en la reliant au pôle + d'une source dont le pôle — est relié au filament (source HT, fig. 192), on constate, par le milliampèremètre par exemple, qu'un courant circule dans le sens *i*, comme si le circuit aux bornes HT était un circuit fermé; *c'est donc que l'intervalle plaque-filament a permis le passage du courant.*

En effet, les électrons du filament, électricité négative, ont été attirés vers la plaque, positive par rapport à eux (loi d'attraction du paragraphe 20). Ils s'y précipitent : *bombardement électronique.* Ces particules négatives neutralisent une partie de la charge positive de la plaque qui fait donc appel à la source HT qui veut maintenir son potentiel : il y a courant. Ce courant est appelé *courant de plaque*, ou *courant HT*, ou encore *courant anodique*, car la plaque est aussi appelée *anode;* le filament étant aussi appelé *cathode.*

Les électrons voyagent du filament vers la plaque.

Le courant va de la plaque vers le filament.

En effet, nous savons (paragraphe 31), que le sens + vers — du courant électrique est contraire au sens du déplacement d'électrons qui cause le courant.

Si la plaque (anode) devient négative, le courant cesse; en effet, les électrons négatifs sont alors repoussés par elle.

Si la source HT (fig. 192) *est une source alternative, le courant ne passera que pendant les alternances positives par rapport au filament.*

La lampe diode (ce qui veut dire *deux* électrodes : anode (plaque)

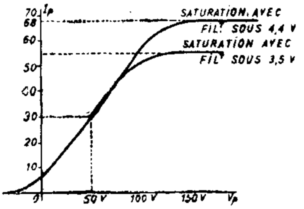


Fig. 192 *bis*

Influence de la température de chauffage du filament d'une lampe diode sur la valeur du courant plaque obtenu en fonction de la tension plaque appliquée. Les valeurs sont d'abord semblables, mais le courant maximum possible (saturation) est plus grand lorsque le filament est plus chauffé.

et cathode (filament) est appelée pour cela « valve ». C'est une véritable soupape à sens unique.

La diode sera donc un dispositif *redresseur* ou *détecteur* idéal.

SATURATION : INFLUENCE DU CHAUFFAGE DU FILAMENT. — Le nombre d'électrons parvenant à la plaque d'une diode dépend de la valeur de la tension-plaque appliquée à celle-ci. La figure 192 *bis* le montre. Mais un moment vient où tous les électrons émis par la cathode sont captés : c'est la valeur maximum du courant que peut donner la diode, *et on a beau augmenter la tension-plaque, le courant n'augmente plus.* On appelle cela la *saturation* de la lampe. Par exemple 54 milliampères avec la diode dont nous avons exprimé les résultats dans le graphique figure 192 *bis*.

Mais la tension du chauffage influe : si l'on chauffe plus le filament (par exemple avec 4,4 volts aux bornes, il sera plus incandescent qu'avec 3,5 volts), il émet plus d'électrons et la valeur maximum possible est plus élevée (fig. 192 *bis*).

244. — Redressement d'un courant alternatif par valve. — La source de chauffage du filament reste nécessaire; la source HT devient la source du courant alternatif à redresser. L'application de notre étude du redressement (paragraphe 199) demandant que le courant ne passe que dans un seul sens est donc réalisée par le schéma figure 193, application directe de la figure 136 B.

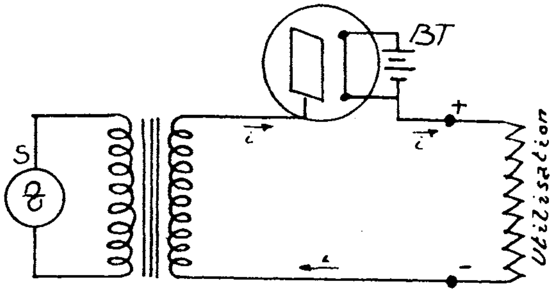


FIG. 193
Schéma de redressement par valve du courant alternatif fourni par la source S.

Le chauffage du filament peut être réalisé en alternatif par un enroulement secondaire à basse tension du transformateur. Afin que le courant redressé ne soit pas affecté par la variation de potentiel aux bornes du filament, on le recueille au point milieu du circuit de chauffage du filament (fig. 193 *bis*). Un circuit de filtrage classique par self et condensateurs peut régulariser ensuite le courant redressé, comme l'indiquait le paragraphe 202.

Afin de pouvoir réaliser le redressement des deux alternances du courant que schématisait la figure 140, on réalise des *valves biplaques* où deux anodes indépendantes sont placées dans le tube de

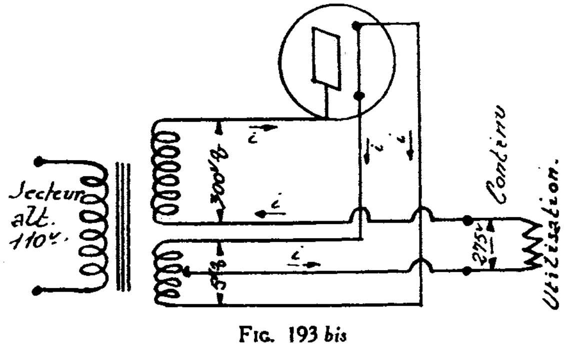


FIG. 193 *bis*
Schéma de redressement par valve du courant alternatif avec chauffage de la valve par le transformateur, avec exemple de valeurs.

chaque côté du filament. Le schéma qui en résulte est celui de la figure 194, directement issu de la figure 140. Le dispositif de la figure 192 peut être aussi réalisé avec les valves « Tungar » ou les « valves

à vapeur de mercure » qui sont des diodes à atmosphère gazeuse : argon ou vapeur de mercure.

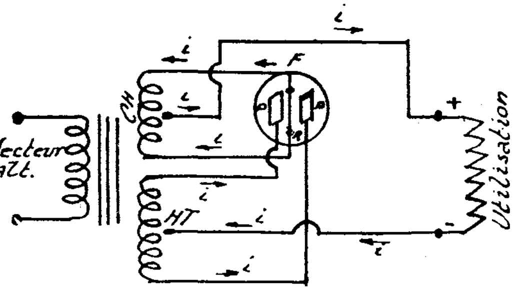


FIG. 194
Redressement des 2 alternances d'un courant alternatif par une valve biplaque grâce à l'enroulement secondaire HT à prise médiane. Ch sert au chauffage du filament. Les flèches indiquent le sens du courant redressé.

245. — Détection d'une oscillation HF par une lampe diode. — La détection consiste exactement dans le *redressement* d'un courant alternatif haute fréquence obtenu dans le récepteur par l'utilisation de l'onde captée. *La diode ne laissant passer le courant que dans un seul sens est un parfait détecteur.*

La source HT de la figure 191 devant être remplacée par la source de courant alternatif, c'est à cette place que sera branché le circuit accordé où sont développées les oscillations HF ; le schéma sera celui de la figure 195 ; la détection par lampe diode mentionnée au paragraphe 239 est ainsi réalisée.

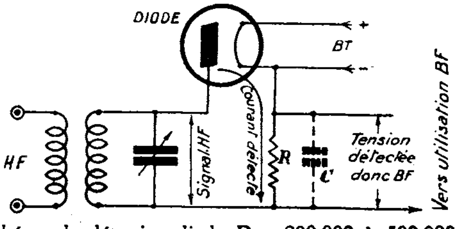


Fig. 195. — Schéma de détection diode R = 200.000 à 500.000 ohms, C laisse passer le résidu de HF non détecté, valeur 100 à 200 picofarads (0,1 à 0,2/1.000 de µF).

Remarque : Le point A sera d'autant plus négatif par rapport au — BT que le courant détecté sera important, donc que le signal HF appliqué aura d'ampleur. Ceci sera utilisé pour l'antifading (paragr. 310).

REMARQUE. — *La lampe à deux électrodes ou diode, détecte mais n'amplifie pas. Elle joue exactement le même rôle qu'un détecteur à cristal.*

La lampe triode, par un perfectionnement de première importance, va permettre l'amplification : elle a révolutionné la technique de la T. S. F. et a seule permis son développement inouï.

2° LAMPE TRIODE

246. — Principe de la lampe triode : rôle de la grille dans la marche des électrons. — Le savant Lee de Forest a imaginé de placer une troisième électrode entre le filament et la plaque : c'est la *grille*, ainsi dénommée parce qu'elle est composée d'un réseau de fils métalliques (une spirale autour du filament, la plaque étant enroulée autour en cylindre, par exemple).

Le filament étant chauffé, la plaque étant positive par rapport au filament, grâce à une source HT (100 volts par exemple) (fig. 196), *on remarque que le potentiel appliqué à la grille permet de régler la marche des électrons, donc la valeur du courant de plaque* i.

En effet, si on applique entre A et B une tension de quelques volts, par une pile par exemple, de façon que la grille soit positive par rapport au filament, le courant plaque augmente. La grille placée près du filament aide à l'attraction des électrons qui sont alors plus nombreux, d'où courant plus important. Mais un courant secondaire grille-filament prend naissance.

Si la grille avait le même potentiel que le filament (A relié à B par exemple) au contraire la plaque jouerait seule le rôle attractif, et le courant anodique plus faible serait celui déterminé dans la diode.

Enfin, si l'on appplique entre A et B une tension négative de quelques volts, par pile par exemple, on constate une diminution du cou-

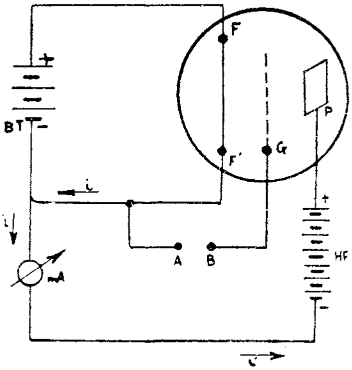


FIG. 196
Etude de la lampe triode : le potentiel appliqué entre A et B, donc entre la grille et le filament, modifie le flux électronique, et par suite la valeur du courant de plaque *i*.

rant plaque. En effet, le potentiel négatif de la grille repousse les électrons qui arrivent moins nombreux à la plaque.

Plus le potentiel de grille est négatif par rapport au filament, plus le courant plaque diminue. Pour une certaine valeur négative (— 10 volts par exemple) à la grille, le courant plaque cessera.

Pratiquement, on applique rarement à la grille un potentiel positif qui entraînerait un courant grille. Mais on peut régler le débit du courant plaque en appliquant à la grille un potentiel plus ou moins

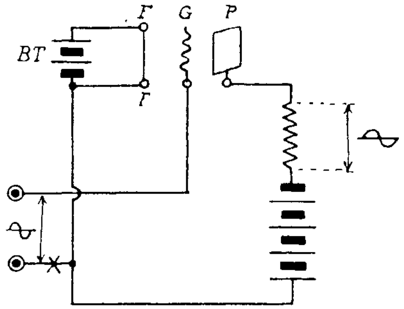


FIG. 197

Les variations de potentiel aux bornes de R reproduisent, amplifiées, les variations de potentiel appliquées entre la grille et le filament.

négatif. La conséquence primordiale en sera : *Une variation alternative du potentiel de grille entraînera une variation alternative correspondante du courant de plaque.*

Les variations du courant plaque pourront reproduire exactement celles de la tension appliquée à la grille, mais amplifiées. *Il suffira de placer dans le circuit plaque une résistance pour trouver aux bornes de cette résistance une tension alternative qui reproduira, amplifiée, la tension alternative de grille* (fig. 197). Le principe de la lampe amplificatrice est trouvé.

La grille, *véritable robinet à électrons*, l'a permis en réalisant le *contrôle* du courant plaque.

247. — Caractéristiques d'une lampe triode. — On appelle caractéristiques d'une lampe triode les connaissances qui, pour une lampe donnée, détermineront les conditions d'emploi et la grandeur de son pouvoir amplificateur.

CARACTÉRISTIQUE GRILLE. — *C'est la courbe qui fait connaître les différentes valeurs du courant plaque correspondant à différentes valeurs de potentiel grille* (fig. 198). Pour l'établir, il a suffi de mesurer avec un montage comme celui de la figure 196 la valeur du courant *i* pour différentes tensions négatives connues appliquées entre A et B, la valeur de la source HT restant fixe.

PENTE. — C'est la valeur de l'inclinaison de la caractéristique grille de la lampe; plus la caractéristique de la lampe se rapproche de la verticale, *plus la pente est élevée, et plus la lampe est apte à amplifier.* L'examen des deux courbes de la figure 199 le prouve.

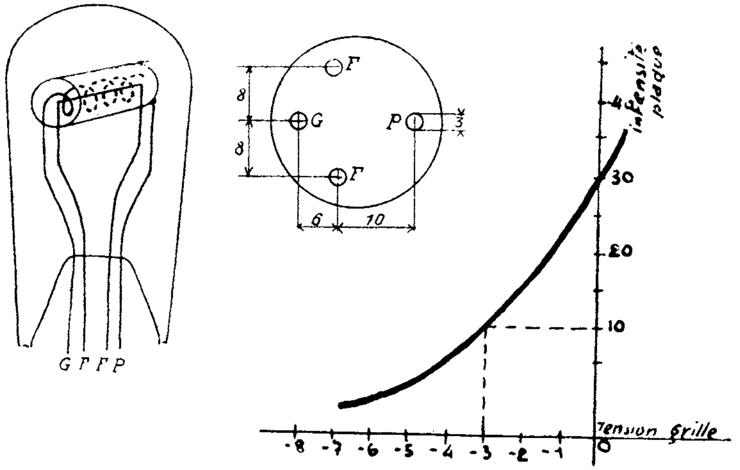


FIG. 198

Coupe d'une lampe triode. Culot et branchement des électrodes. FF : filament. — G : grille. — P : plaque.

Caractéristique grille d'un tube triode.
EXEMPLE :
pour —3 volts à la grille,
I_p = 10 mA.
pour 0 volt grille,
I_p = 30 mA.

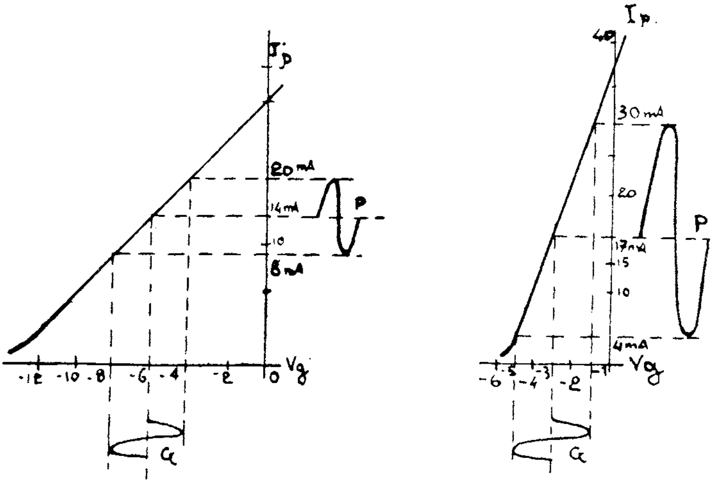


FIG. 199

Amplification d'un signal G de même valeur appliqué à deux lampes de caractéristiques différentes : la variation de courant plaque est bien plus considérable pour la caractéristique de droite, parce qu'elle est *plus inclinée* que la caractéristique de gauche : la lampe de droite a *plus grande pente* que la lampe de gauche.

On mesure la pente en milliampères par volt : c'est la variation en milliampères du courant plaque lorsque la tension grille varie de 1 volt.

Ainsi pour la figure 199 : à gauche : pente de 3 mA par volt; à droite : pente de 6,5 mA par volt.

CARACTÉRISTIQUE PLAQUE. — Nous avions supposé la tension plaque (HT) fixe pour tracer la caractéristique grille de la figure 198; on pourrait de même tracer une courbe donnant les différentes valeurs du courant plaque correspondant à des valeurs différentes de la tension plaque, la tension négative de grille restant cette fois à un potentiel fixe. Ce qu'il faut retenir, c'est que : *A une augmentation de la tension plaque correspond une augmentation du courant plaque.* En effet, les électrons attirés sont d'autant plus nombreux.

RÉSISTANCE INTERNE. — Le quotient de l'augmentation de tension plaque en volts par l'augmentation de courant en ampères donne la valeur de la résistance interne en ohms.

La résistance interne est la résistance que présente l'espace plaque-filament à la varation du courant i, *une valeur fixe de la tension négative de grille étant choisie.*

En effet, pour une autre tension négative de grille, la dépendance du courant plaque d'après la tension plaque, donc la résistance interne serait différente.

EXEMPLE : avec une tension négative de grille de — 3 volts, une augmentation de tension plaque de 25 volts entraîne une augmentation de 2 milliampères du courant plaque. Donc, à — 3 volts de grille, la résistance interne est de :

$$25 : 0{,}002 = 12.500 \text{ ohms.}$$

COEFFICIENT D'AMPLIFICATION. — On appelle coefficient d'amplification d'une lampe son pouvoir amplificateur des tensions confiées à la grille; il est égal au rapport entre la variation de potentiel qu'il faudrait appliquer à la plaque et la variation de potentiel réellement appliquée à la grille pour obtenir une variation égale du courant plaque.

EXEMPLE : le courant plaque varie de 2 milliampères lorsque la grille varie de 1,5 volt; or, si l'on avait agi sur la tension plaque pour obtenir une variation de 2 milliampères, il aurait fallu la faire varier de 25 volts; le coefficient d'amplification de la lampe est donc de :

$$\frac{25}{1{,}5} = 16{,}6$$

Les trois définitions de la pente, de la résistance interne et du coefficient d'amplification de la lampe ainsi données permettent de déter-

miner la valeur de l'une d'elles connaissant les deux autres. En effet, on a :

$$\text{pente} = \frac{\text{coefficient d'amplification}}{\text{résistance interne}}$$

dans notre exemple, la pente est donc égale à :

$$\frac{16{,}6}{12.500} = 0{,}0013 \text{ ou } 1{,}3 \text{ milliampère par volt.}$$

Le coefficient d'amplification d'un tube triode dépend des dimension de ses électrodes et de leur écartement.

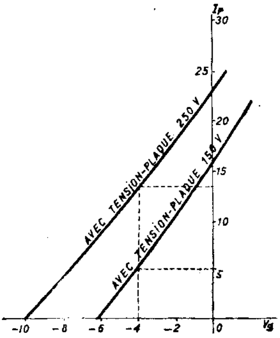


FIG. 199 *bis*

Influence de la valeur de la tension plaque : plus celle-ci est élevée, plus le courant obtenu pour une tension grille donnée (— 4 volts par exemple) est élevé (5 mA avec 150 volts à la plaque, 14 mA avec 250 volts à la plaque). On remarque de même qu'il faut une tension grille plus négative pour annuler le courant plaque. Le « recul de grille » de la triode est plus grand lorsque la tension plaque s'élève. On dit « que la courbe s'est déplacée vers la gauche ».

Influence de la valeur de la tension-plaque dans une lampe triode. — Dans une lampe triode, tout comme dans une lampe diode, la tension-plaque détermine la valeur du courant de plaque possible. En augmentant la tension continue appliquée à la plaque, on obtient un courant plaque plus important, *pour une même tension négative de grille*. Voyez la figure 199 *bis* et lisez attentivement sa légende qui vous explique les conséquences importantes de ce fait : *en augmentant la tension de plaque appliquée à une lampe on la rend capable d'admettre de plus grandes variations de tension grille sans déformation :* il y a plus de possibilité de variation pour la grille (donc aussi pour le courant plaque) avec la tension-plaque de 250 volts qu'avec celle de 150 volts (fig. 199 *bis*).

VINGT-NEUVIÈME LEÇON

L'AMPLIFICATION HAUTE ET BASSE FREQUENCE PAR LAMPE

1° PRINCIPES DE L'AMPLIFICATION

Nous avons vu que dans la lampe triode de faibles *variations de tension* de la grille entraînent des *variations de courant* plaque importantes; ces variations de courant peuvent facilement produire des variations de tension, en traversant une résistance par exemple.

Donc, *la lampe amplifie*, puisqu'elle permet d'obtenir un nouveau signal reproduisant exactement les variations du signal grille, mais avec une plus grande amplitude.

D'où vient l'énergie? *des sources d'alimentation de la lampe* : de la source basse tension, au filament, qui a libéré les électrons par échauffement, et de la source haute tension qui les a attirés.

Nous allons préciser les conditions d'emploi de la lampe comme amplificatrice.

248. — Principe de fonctionnement de la lampe amplificatrice. — Le schéma de la figure 197 nous le donne exactement. La tension alternative (haute fréquence ou basse fréquence) est appliquée *entre la grille et un point du filament.* Mais, au repos, lorsqu'aucun signal n'est appliqué à la grille, la tension grille serait égale à celle du filament, et lorsqu'on appliquerait une tension alternative, la grille serait positive pendant les alternances positives. Cela est à éviter, car un courant grille prendrait naissance et l'amplification des alternances positives serait différente de celle des alternances négatives. On fixe donc au repos une tension négative de grille de quelques volts à l'aide d'une pile par exemple, qui, dans la figure 197 serait placée au point marqué d'une croix.

Le graphique de gauche de la figure 199 concerne une lampe dont le point de fonctionnement, c'est-à-dire la tension grille, au repos, est fixé à — 6 volts. Sur le graphique de droite il est fixé à — 3 volts.

Le signal confié à la grille fait que celle-ci devient moins négative pendant les alternances positives, plus négative pendant les alternances négatives. Si ce signal alternatif a une amplitude maximum de 2 volts (fig. 199), la tension grille varie donc de — 4 à — 8 volts pour le premier cas, de — 1 à — 5 volts pour le deuxième cas

Grâce à la courbe caractéristique, en menant les lignes verticales et horizontales pointillées, on trouve les valeurs correspondantes du

courant plaque, et l'oscillation du courant, qui conserve la même fréquence que la tension appliquée, a la forme et l'amplitude obtenues par ce tracé.

On voit que la courbe à plus grande *pente* permet une amplification bien supérieure.

249. — Polarisation négative de grille. — *C'est la valeur de la tension négative continue appliquée au repos entre grille et filament* pour situer le point de fonctionnement de la lampe amplificatrice. Les courbes de la figure 199 sont celles de deux lampes; celle de gauche a une polarisation grille de — 6 volts; celle de droite a une polarisation grille de — 3 volts.

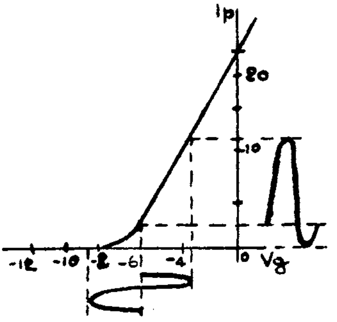


Fig. 200

Exemple de distorsion par suite d'une mauvaise polarisation : une alternance est déformée. La polarisation est trop forte pour la lampe; —3 volts aurait convenu.

On appelle recul de grille la valeur maximum de la polarisation pour laquelle le courant plaque est annulé.

Le recul de grille est d'environ 14 volts pour la lampe considérée à gauche, il est de 8 volts pour la lampe considérée à droite (fig. 199).

Pour un fonctionnement correct de l'amplificatrice, il faut :

1° *Que la caractéristique grille présente une ligne droite aussi étendue que possible* (fig. 199) ;

2° Que la polarisation négative soit choisie de manière à ce que, pour les plus grandes alternances positives du signal, la grille ne puisse devenir positive; et à ce que, pour les plus grandes alternances négatives du signal, le point de fonctionnement n'atteigne pas la région courbe de la caractéristique avoisinant le recul de grille, et encore moins qu'il ne dépasse cette valeur.

Pour cela :

Il faut que la polarisation soit choisie de façon à avoir approxima-

tivement pour valeur la moitié du recul de grille (— 6 volts si le recul est de 12 volts par exemple), et les conditions ci-dessus seront bien remplies.

Il faut encore que l'amplitude maximum du signal n'atteigne pas la valeur de la polarisation, sinon les inconvénients signalés se manifesteraient.

Pourquoi toutes ces interdictions? parce que, dès que les régions défendues sont atteintes, la variation du courant plaque n'est plus proportionnelle à la variation appliquée à la grille, et il y a déformation : on dit « distorsion » (fig. 200).

Ces recommandations sont plus difficiles à appliquer en basse fréquence, nous le verrons, car le signal, déjà très amplifié, a une bien plus grande amplitude que le signal HF.

250. — Valeur de l'amplification. — On appelle *impédance de charge* d'une lampe, la valeur de l'impédance placée dans le circuit plaque et aux bornes de laquelle apparaîtront les variations de potentiel provoquées par les variations de courant.

Pour obtenir une bonne amplification, il faut que la valeur de la résistance interne de la lampe soit assez élevée par rapport à la valeur de l'impédance de charge. Pratiquement, quand on pourra avoir :

$$Z_{(\text{ohms})} = R_i \times 2 \text{ ou } R_i \times 3, \text{ ce sera bien.}$$

La valeur de l'amplification sera égale à :

$$\text{gain} = \frac{k \times Z}{Z + R_i}$$

k étant le coefficient d'amplification de la lampe, Z la valeur en ohms de l'impédance du circuit plaque, R_i la résistance interne de la lampe en ohms.

Si l'on applique une tension alternative de 1 volt efficace par exemple à la grille, la tension alternative dans le circuit plaque sera égale à : 1 volt × G; G étant le « gain » trouvé ci-dessus.

2° L'AMPLIFICATION HAUTE FRÉQUENCE

251. — Choix d'un schéma d'utilisation de la lampe en amplificatrice HF. — Il suffit d'appliquer les oscillations haute fréquence entre la grille de la lampe et le filament.

POLARISATION. — Le signal HF a encore très peu d'amplitude (quelques millivolts), il suffira de faire le retour des circuits au pôle — de la source basse tension du filament pour que jamais la grille ne puisse devenir positive par rapport au filament.

CIRCUIT DE GRILLE. — On cherchera à réaliser en même temps que l'amplification, la sélection de l'onde désirée; notre étude sur

les circuits haute fréquence appliquée à la réception (paragraphe 236) nous enseigne qu'*un transformateur haute fréquence à secondaire accordé* pourra réaliser la liaison au circuit précédent grâce à son circuit primaire, et qu'aux bornes de son secondaire apparaîtra une tension HF maximum pour la fréquence sur laquelle il est accordé; l'onde ayant cette fréquence sera ainsi sélectionnée.

CIRCUIT DE PLAQUE. — Pour transmettre les oscillations HF obtenues à la « sortie » de la lampe amplificatrice à un autre circuit suivant (détection ou autre amplificatrice HF) un autre transformateur HF peut encore être utilisé.

Le schéma sera celui de la figure 201.

On aurait pu utiliser aussi bien un primaire accordé dans le circuit plaque; mais, outre que cela exige un condensateur variable supplé-

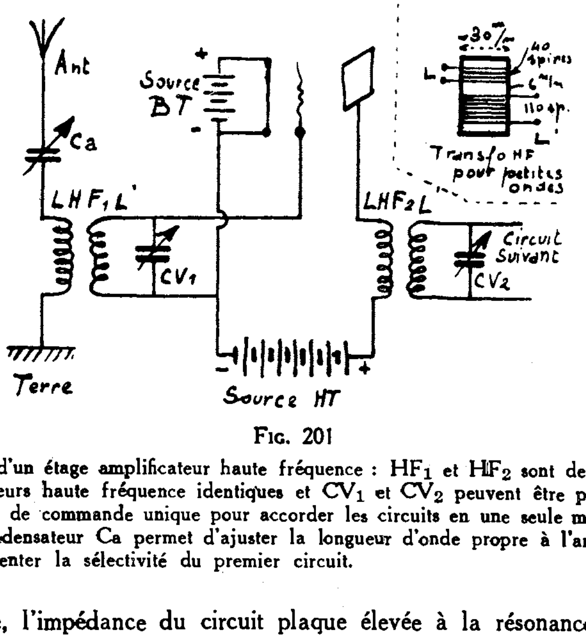


FIG. 201

Schéma d'un étage amplificateur haute fréquence : HF_1 et HF_2 sont deux transformateurs haute fréquence identiques et CV_1 et CV_2 peuvent être placés sur un axe de commande unique pour accorder les circuits en une seule manœuvre. Le condensateur Ca permet d'ajuster la longueur d'onde propre à l'antenne et d'augmenter la sélectivité du premier circuit.

mentaire, l'impédance du circuit plaque élevée à la résonance pourrait, avec un tube triode, occasionner les troubles dont nous allons parler : auto-oscillation (paragraphe 253).

Le couplage primaire/secondaire doit être lâche (bobinages L et L' assez éloignés) pour obtenir une bonne sélectivité.

252. — Amplification d'un étage HF à lampe triode. — Un circuit d'amplification est souvent appelé « *étage* ». Il est possible de placer plusieurs étages haute fréquence identiques à la suite les uns des autres, avant de placer l'étage où s'effectuera la détection.

Cependant, on doit limiter le nombre d'étages, les difficultés qui

seront signalées au paragraphe 253 étant d'autant plus possibles qu'il y a d'étages.

Deux étages HF sont un chiffre pratique convenable.

Exemples de la grandeur de l'amplification d'un étage HF à tube triode :

Le coéfficient d'amplification k d'un tube triode ne dépasse guère 25.

L'impédance Z réalisée par le primaire du transfo HF2 est suffisamment grande en regard de la résistance interne R_i de la lampe triode : 10.000 ohms.

On choisit une lampe ayant la plus grande pente possible et la plus grande résistance interne possible; le coefficient d'amplification doit donc être le plus grand possible également puisque :

$$\text{pente} = \frac{k}{R_i}$$

Ordre de grandeur des conditions d'emploi de la lampe : chauffage 1,5 à 4 volts, avec courant de 0,06 amp. (source BT), tension plaque 80 à 160 volts, avec courant moyen de 6 milliampères (source HT).

253. — Difficultés de l'amplification HF par lampe triode. — La lampe triode occasionnera des difficultés si l'on veut tirer le maximum d'amplification de l'étage; c'est pourquoi on ne peut réaliser des circuits haute fréquence de trop haute qualité, à impédance très élevée; par exemple utiliser dans le circuit plaque un autre circuit accordé, au lieu d'un simple primaire de transfo HF. Voici le risque encouru :

ACCROCHAGES. — On appelle ainsi l'état d'auto-oscillation d'un montage; la lampe produit alors une oscillation entretenue qui s'ajoute à celle qui lui est confiée; il en résulte un trouble extrême : l'oscillation venue de l'onde est étouffée, un sifflement aigu se produit lorsque la détection essaie de tirer un son de cet ensemble.

Cela est dû à ce que, entre la grille et la plaque de la lampe existe obligatoirement une capacité, qui, si faible qu'elle soit, permet à l'énergie obtenue dans le circuit plaque de revenir dans le circuit grille : il y a *couplage*. Ce report d'énergie peut suffire à la production d'une onde entretenue. (Nous le verrons à la 31e leçon, paragr. 259).

Toutes les capacités parasites suffisantes qui pourraient se produire entre les conducteurs du circuit plaque et ceux du circuit grille auraient le même effet désastreux.

REMÈDES. — 1° Eloigner l'un de l'autre le bobinage grille et le bobinage plaque, donc les transformateurs HF1 et HF2; mieux

encore, les « blinder » en les enfermant chacun dans un boîtier métallique qui les empêche de s'influencer magnétiquement l'un l'autre.

2° Eviter que les connexions reliant les circuits à la grille et à la

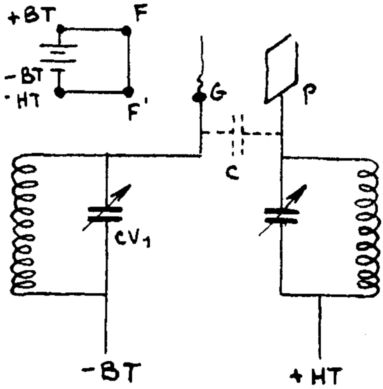


FIG. 202
La capacité parasite C existant entre grille et plaque favorise un retour d'énergie du circuit plaque vers le circuit grille : grave défaut de la lampe triode.

plaque de la lampe soient voisines, et veiller à ce qu'elles soient courtes.

3° Eviter d'employer un circuit accordé dans le circuit plaque de la lampe; mais ceci nuit à la sélectivité du montage.

4° Enfin, un remède : placer un condensateur qui, recevant du circuit plaque une énergie HF de sens inverse à celle transmise par la

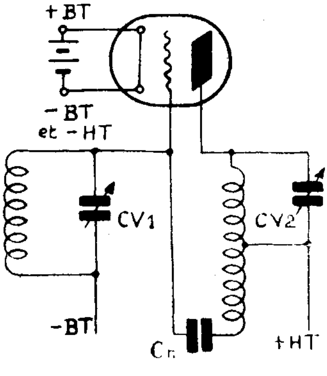


FIG. 203
Neutrodyne : la capacité Cn renvoie vers la grille grâce à l'enroulement supplémentaire L' une opposition à l'effet combattu de la capacité grille-plaque : elle la neutralise.

capacité parasite grille-plaque, la transmette au circuit grille, l'opposition des deux annulant l'effet. Le schéma de la figure 203 explique ce procédé appelé « neutrodyne ».

Mais le plus sûr remède est d'éviter l'emploi des lampes triodes, car

on a trouvé des lampes plus complexes qui ont une capacité intérieure entre électrodes beaucoup plus réduite.

L'amplification très haute fréquence par lampe triode est facilitée par le montage dit « grille à la masse », mais elle nécessite une lampe à « chauffage indirect » (cathode distincte du filament).

Dans ce montage, le circuit accordé attaque la cathode du tube et la grille est reliée à la masse. Le gain est réduit, mais, en fait, sur les très hautes fréquences, il est amélioré, les adaptations d'impédance étant beaucoup plus favorables.

3° L'AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE

Après détection, le courant variable obtenu a la même fréquence que les sons : avant de les reproduire, il est utile de l'amplifier pour obtenir une plus grande puissance sonore.

La lampe permet cette amplification. Mais le rôle des organes qui relieront les étages amplificateurs entre eux est totalement différent de celui des organes de liaison haute fréquence. Il ne s'agit plus de sélectionner une fréquence, comme en HF, loin de là, mais au contraire de transmettre au mieux et le plus également possible toutes les fréquences comprises entre 100 périodes et 10.000 périodes/seconde (gamme des sons) afin que la reproduction soit fidèle.

254. — Méthodes de liaison des étages amplificateurs basse fréquence. — La liaison doit se faire du circuit de détection où est apparu le courant BF au circuit grille de la lampe amplificatrice; dans le circuit de plaque de la lampe amplificatrice sera placé, soit l'organe reproducteur (casque ou haut-parleur), soit un nouvel organe de liaison vers un étage amplificateur supplémentaire.

LIAISON PAR TRANSFORMATEUR BASSE FRÉQUENCE. — Le schéma est donné par la figure 204A.

Le transformateur basse fréquence est à noyau de fer, formé de tôles fines isolées et empilées (noyau feuilleté) pour éviter les pertes dans le fer par courants de Foucault.

Le rapport primaire/secondaire peut être de 1/1 à 1/5. Le primaire est dans le circuit plaque de la lampe précédente : les variations du courant plaque primaire entraîneront donc une tension variable au secondaire. Elle est appliquée entre grille et filament.

Mais une petite pile, sans usure puisqu'elle n'aura pas de courant à fournir, est placée en série dans le retour du secondaire, le — vers le transfo, afin d'assurer la polarisation négative nécessaire au fonctionnement correct de la lampe.

Avantages. — Simplicité de montage : deux fils au primaire, deux fils au secondaire.

Plus grande amplification : le rapport primaire/secondaire permet de doubler ou tripler la tension, donc le gain obtenu.

Fonctionnement sans risques : la seule panne la plus fréquente sera la coupure de l'un des enroulements du transfo.

Inconvénients. — Les fréquences élevées, donc les notes aiguës sont favorisées (l'impédance Lω grandit avec ω, donc avec la fréquence).

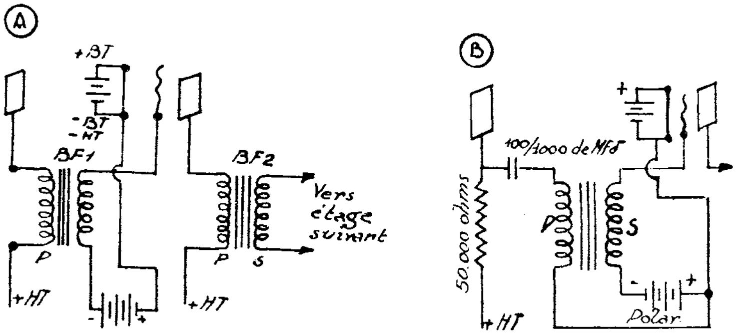


Fig. 204 A

Etage amplificateur BF à liaison par transformateur (BF_1).

Fig. 204 B

Montage analogue à transformateur où, grâce à la résistance et au condensateur seul le courant BF traverse le primaire, sans le courant continu.

— Les fréquences graves trouvent donc pour elles l'impédance primaire trop faible et ne fournissent qu'une faible tension : elles sont désavantagées et même souvent absentes.

— Le courant de plaque, en traversant le primaire, crée une induction dans le fer dont la valeur varie, ce qui cause une certaine déformation des oscillations.

Un transformateur soigné à tôles spéciales d'acier ou nickel, d'induction élevée, et à grand nombre de tours, ce qui remédie aux défauts ci-dessus (dans Lω si L est grand, la variation de ω a moins d'importance), est coûteux.

La question de fidélité musicale ayant moins d'importance pour la radiotransmission militaire, le transformateur BF est très employé dans les récepteurs militaires.

On peut améliorer la fidélité en empêchant que le courant plaque traverse l'enroulement primaire, ce qui supprime l'induction. Le schéma B, figure 204, y parvient.

Liaison par résistance et capacité. — Le schéma est donné par la figure 205.

La résistance R_1 a une valeur de 50.000 à 200.000 ohms, suivant la valeur de la résistance interne de la lampe qui précède. Les variations de courant plaque dans la résistance occasionnent des

variations de potentiel du point P par rapport à la haute tension. Le condensateur C, de 10 à 50/1.000 de μFd, qui barre la route au courant continu, transmet ces oscillations. Pour qu'elles soient appliquées sous forme de variation de tension entre la grille et le filament, une résistance R_2 d'environ 300.000 ohms les reçoit. Par elle,

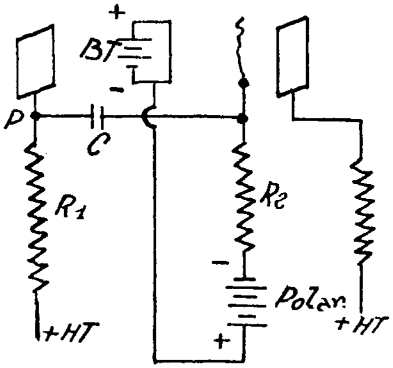


Fig. 205
Etage amplificateur BF à liaison par résistance et capacité.

la grille est reliée au filament, mais avec l'intermédiaire de la pile qui fixe la polarisation négative.

Avantages. — Montage économique et simple à réaliser.

— Fidélité musicale meilleure que le transformateur : quelles que soient les fréquences la résistance a la même valeur; seul, le condensateur freinerait plus les oscillations de fréquence basse (notes graves), mais il suffit qu'il soit d'assez forte valeur (au moins 6/1.000 de MFd).

Inconvénients. — La tension plaque de la lampe qui transmet les oscillations est diminuée, il faut donc une source HT assez élevée (120 volts au moins), et le recul de grille de cette lampe est alors faible, elle ne peut elle-même admettre que *des signaux faibles,* sinon elle les déformerait.

Liaison par self BF et capacité. — Le schéma est donné par la figure 206.

C'est le schéma de la liaison par résistance-capacité, mais la résistance R_1 est remplacée par une self à fer qui présente pour les courants basse fréquence une impédance dont la valeur en ohms atteint la valeur de la résistance R_1. La self à fer doit avoir 20 à 30 henrys, la lampe qu'elle alimente étant une triode.

Avantage. — La tension plaque de la lampe qui transmet le signal n'est plus diminuée comme dans le cas de la résistance.

Inconvénient. — La fidélité musicale est à nouveau affectée par

l'impédance de la self qui favorise les notes aiguës, comme dans le transformateur BF. C'est pourquoi on lui préfère le transformateur BF, de montage plus simple.

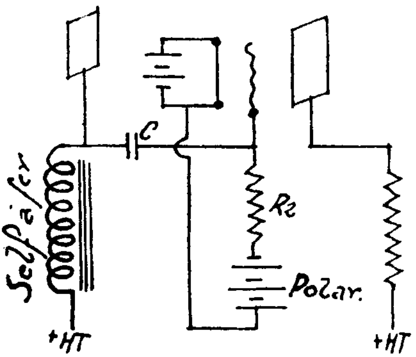


FIG. 206
Etage amplificateur BF à liaison par self à fer et capacité.

255. — Amplification basse fréquence de tension. — La lampe triode telle que nous venons de la présenter, soit avec une résistance, soit avec le primaire d'un transformateur dans son circuit plaque, sera *une amplificatrice basse fréquence de tension.* On lui donne une tension BF de 0,5 volt efficace à la grille par exemple, et elle transmettra à la lampe suivante 5 volts efficaces (si le gain est de 10). C'est son rôle. Pour le bien remplir, il faudra que, non seulement elle amplifie, mais encore qu'elle ne déforme pas. Il y a lieu, pour respecter les conditions que nous avons énoncées au paragraphe 249 .

1° *De lui fournir la polarisation négative de grille nécessaire;*

2° *De choisir une lampe ayant un recul de grille suffisant,* et il y a lieu de remarquer que le signal à amplifier étant beaucoup plus grand pour une lampe placée après une ou deux autres, cette lampe devra avoir un recul de grille important.

L'amplification par transformateur qui laisse aux plaques des lampes une tension disponible plus élevée que l'amplification par résistance, permet un recul de grille plus important, car celui-ci est d'autant plus faible que la tension plaque est faible.

256. — Amplification basse fréquence de puissance. — *Ordinairement, on ne placera pas plus de deux lampes amplificatrices basse fréquence, le courant plaque de la deuxième alimentant le reproducteur de sons : casque ou haut-parleur.* La figure 207 donne le schéma d'ensemble d'un amplificateur basse fréquence complet à 2 étages.

Cette dernière lampe reçoit une tension grille importante : le signal est déjà amplifié. Ce n'est plus un grand nombre de volts BF qu'on lui demande, mais c'est une puissance qu'elle doit fournir, une puissance sonore, et comme toute puissance est égale au produit du nombre de volts par le nombre d'ampères, on demandera surtout à cette dernière lampe de grandes variations de courant.

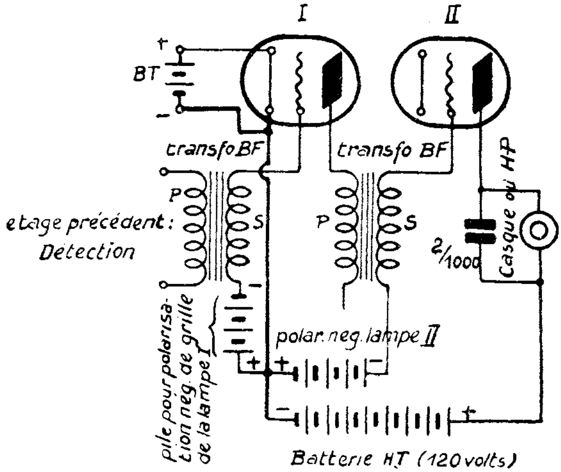


Fig. 207

Schéma d'ensemble d'un amplificateur basse fréquence complet à transformateurs. Le trait gras représente le retour des circuits d'alimentation (point commun — BT et — HT et + polar.)

Pour ces raisons, la dernière lampe du récepteur, dit lampe de puissance, doit avoir :

1° Un recul de grille important, donc une tension de polarisation importante (— 6 à — 20 volts selon les types) ;

2° Une résistance interne assez faible;

3° Au repos, un courant plaque de valeur élevée (pour permettre de grandes variations).

Les lampes de puissance seront donc construites en tenant compte de ces buts et seront d'un type différent des lampes amplificatrices de tension.

Il faut dire qu'aujourd'hui, pour chaque fonction HF, BF de tension, BF de puissance ou détection, il y a des types spéciaux de lampes, d'autant plus que les triodes, toujours choisies pour certains emplois (en basse fréquence de puissance notamment) ont fait place à des lampes à plusieurs électrodes dont le pouvoir amplificateur est bien plus élevé, ainsi que nous le verrons.

TRENTIÈME LEÇON

LA LAMPE DÉTECTRICE (TRIODE)

La détection d'une onde afin de faire apparaître l'oscillation basse fréquence est obtenue par le redressement de l'oscillation haute fréquence (paragraphe 238).

La lampe diode ne laissant passer le courant que dans un seul sens, constitue, nous l'avons vu, un détecteur parfaitement utilisable (paragraphe 245). Elle est adoptée désormais dans presque tous les récepteurs modernes, où l'étage détecteur est nettement distinct des étages amplificateurs.

Cependant, il est possible de réaliser *en même temps que la détection* de l'oscillation HF une *amplification du courant détecté.*

Ceci peut s'obtenir avec une seule lampe multiélectrodes, par deux méthodes : détection grille, détection plaque. Chacune a ses qualités et ses défauts propres.

257. — Détection grille par lampe triode. — On l'appelle détection grille parce que, dans la double opération détection-amplification BF qui est réalisée, la grille se réserve entièrement la détection.

MONTAGE. — Le schéma de la figure 208 est celui de la détection grille. Le circuit haute fréquence, siège du signal à détecter, est relié à la grille de la lampe détectrice, mais ici, un condensateur C d'une valeur de 0,1 à 0,2/1.000 de microfarad est intercalé. Cette valeur présente peu d'impédance pour le courant haute fréquence. L'oscillation HF est donc bien appliquée entre grille et filament.

De plus, une résistance R de très forte valeur : 500.000 ohms à 5 mégohms, relie la grille au point le plus positif du filament, donc au + 1,5 volt, si la source de chauffage est de 1,5 volt.

La valeur du potentiel haute tension (+ HT) appliqué à la plaque peut être relativement faible : 60 à 100 volts.

FONCTIONNEMENT. — Au repos, en l'absence de signal, il n'y a aucun courant dans la résistance R, la grille est donc au même potentiel que le filament.

Lorsqu'une oscillation HF est appliquée, les alternances positives de cette oscillation rendent la grille positive, d'où un courant grille-

filament qui revient par la résistance R. La grille se comporte exactement comme la plaque d'une lampe diode.

Au contraire, pendant les alternances négatives, la grille est néga-

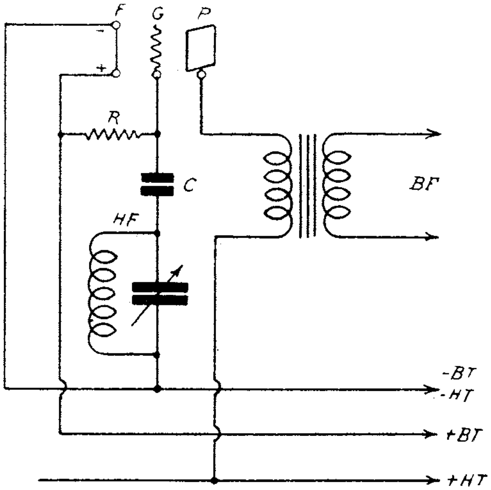


Fig. 208

Schéma de détection grille par lampe triode : C, 1 à 0,2/1.000 de MFd; R, 500.000 ohms à 3 mégohms.

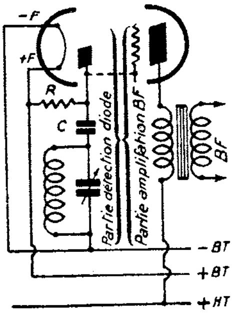


Fig. 208 *bis*

Schéma équivalent à la fig. 208 montrant qu'au point de vue détection la grille joue le rôle d'une plaque de diode.

tive : pas de courant. Il y a donc bien détection de l'oscillation haute fréquence.

Le courant détecté est celui qui parcourt la résistance R pendant les alternances positives, et qui est le courant variable à basse fréquence. Ces variations de courant entraînent une chute de tension dans la résistance et le potentiel de la grille, qui est à zéro au repos, devient une tension variable à basse fréquence.

En conséquence, le courant plaque de la lampe est affecté de variations qui reproduisent, amplifiées, les variations de tension de la grille.

C'est l'amplification du courant basse fréquence que l'on trouve dans le circuit plaque. Le double but : détection et amplification par une seule lampe est bien atteint.

QUALITÉS ET DÉFAUTS. — *Elle est très sensible :* la lampe détecte et amplifie des signaux faibles; la détection grille est donc recommandée lorsqu'il n'y a pas avant la détection d'étage amplificateur haute fréquence.

Le montage est simple; et la liaison de la détectrice à l'étage suivant (BF) se fera par transformateur BF ou résistance-capacité, comme l'on voudra.

Elle fonctionne à coup sûr. — Il y a lieu naturellement de bien

vérifier que la liaison de la résistance de grille R est bien effectuée au + BT et non au — BT.

Par contre : *elle déforme les signaux puissants*, et ne donne donc une reproduction fidèle que pour les signaux faibles.

Elle diminue la sélectivité du circuit HF qui lui est relié : le courant grille produit par la détection passe en parallèle du circuit oscillant, ce qui amortit celui-ci : courbe de résonance moins aiguë.

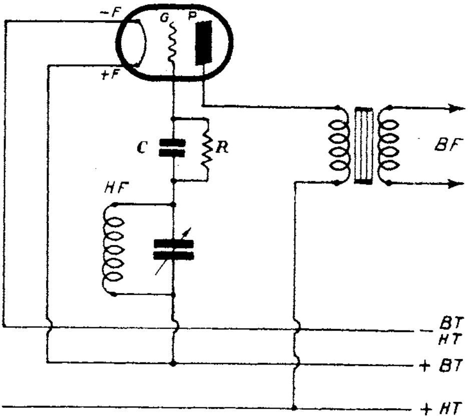


Fig. 209

Schéma de détection grille par lampe triode avec les mêmes valeurs de R et C que fig. 208, mais R et C sont en parallèle, la base du circuit HF est alors obligatoirement reliée au + BT.

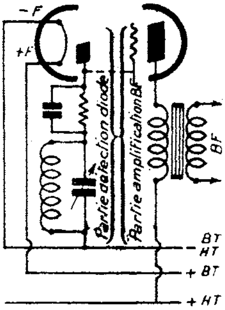


Fig. 209 *bis*

Schéma équivalent à celui de la fig. 209, ici aussi la grille joue bien le rôle d'une plaque diode.

Remarque. — La détection sera obtenue pareillement si la résistance R est placée en parallèle sur le condensateur, à condition que le retour du circuit HF se fasse non plus au — BT, mais au + BT. Cette variante du montage dite « par condensateur shunté » est aussi souvent employée (fig. 209).

Tension négative due au courant détecté. — Tout comme dans une détection diode, elle existe (revoir détection diode, fig. 195). Mais le montage est tel qu'elle apparaît à la grille même, et il serait difficile de l'utiliser pour une commande antifading; en effet la diode et la grille de l'amplificatrice BF ne font qu'un. Au contraire dans un montage avec une vraie diode et une amplificatrice BF qui suit, les deux électrodes sont distinctes et le signal BF peut être séparé de la « tension continue détectée » par un condensateur fixe qui ne laisse passer que les variations de tension. Par ailleurs la grille d'une détectrice triode n'a pas de polarisation négative au repos, et l'ampleur des signaux appliqués est très limitée pour éviter la déformation. Aucune des conditions requises pour trouver facilement la tension continue négative nécessaire à un « antifading » (paragraphe 310) n'est réunie; *a)* le signal est faible; *b)* le point où se manifesterait cette tension est un point « chaud » du circuit (il s'y trouve un signal HF et un signal BF qui doivent conserver leur intégrité, ce point étant la grille de commande aussi bien de la détection que de l'amplification).

DÉTECTRICE A RÉACTION. — Le fait que, dans la détection grille subsiste une partie du courant haute fréquence non détectée, permet un montage très intéressant au point de vue sensibilité, sélectivité et possibilité de réception des ondes entretenues pures. Il est connu, sous le nom de détectrice à réaction et nous l'étudierons dans les applications pratiques (paragraphes 301 à 304) dans la partie Technologie de cet ouvrage.

258. — Détection plaque par lampe triode. — On l'appelle détection plaque parce qu'elle est basée sur une absence du courant plaque pendant la moitié des oscillations HF.

MONTAGE. — Le schéma est donné par la figure 210. Le circuit HF qui est le siège du signal haute fréquence applique directement la tension HF entre grille de la détectrice et filament, comme si la lampe était une amplificatrice HF. Mais le retour de ce circuit HF n'est pas effectué directement au filament; une pile intercalée, avec son pôle — du côté du circuit grille, crée une polarisation négative importante.

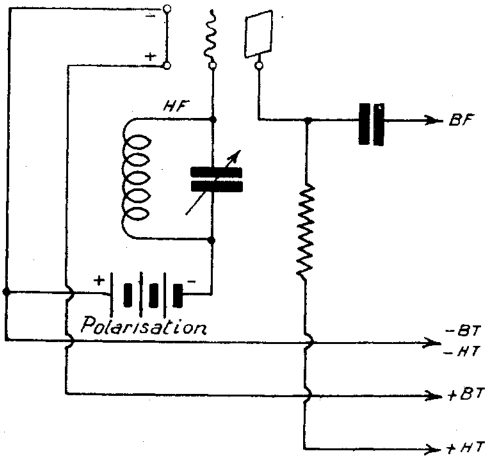


FIG. 210

Schéma de détection plaque par lampe triode. La polarisation est élevée de façon à ce que le courant plaque ait au repos une valeur presque nulle.

FONCTIONNEMENT. — La valeur de la polarisation est telle, qu'en l'absence de signal reçu, le courant plaque de la lampe est nul. Autrement dit, polarisation = recul de grille de la lampe (de 6 à 15 volts suivant les lampes). Le graphique de la figure 211 précise cette position spéciale du point de fonctionnement.

Aux alternances positives du signal HF, la grille devient moins négative, il y a courant plaque, et l'alternance positive est bien reproduite par le courant plaque. Aux alternances négatives du signal HF,

la grille trop négative empêche l'établissement du courant plaque et, à ces alternances, rien ne correspond.

Il y a donc bien dans le circuit plaque un courant détecté, donc basse fréquence, et amplifié.

QUALITÉS ET DÉFAUTS. — *La détection est relativement fidèle pour les réceptions puissantes.*

La sélectivité du circuit HF est à peu près sauvegardée; par contre, *la sensibilité est faible,* les signaux faibles ne sont pas détectés, le courant plaque ne prenant pas assez de valeur.

Le montage est un peu compliqué par la nécessité de mettre une source de polarisation (petite pile) qui, bien que n'ayant pas d'usure (pas de courant à fournir) est encombrante.

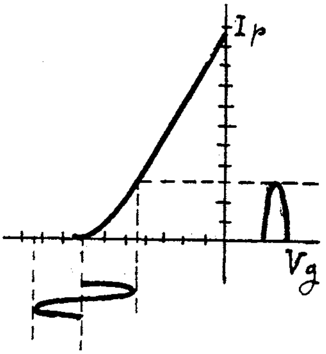


FIG. 211

Principe de la détection plaque : seule l'alternance positive à la grille entraîne une variation correspondante du courant plaque.

De plus, si la source haute tension faiblit, le recul de grille diminue, et il faut réajuster la valeur de la polarisation.

La détection plaque n'est guère employée dans les récepteurs Radio militaires, et elle l'est de moins en moins pour la Radiophonie où on lui préfère, soit la détection grille (petits postes ayant besoin de sensibilité) soit surtout la détection par diode qui suffit aux récepteurs puissants, et qui est fidèle.

TRENTE ET UNIÈME LEÇON

LA LAMPE OSCILLATRICE
PRODUCTION DES ONDES ENTRETENUES

La lampe triode, qui permet l'amplification et qui permet la détection avec amplification, permet aussi l'entretien des oscillations d'un circuit oscillant qui, au lieu d'être le siège d'une onde amortie, devient ainsi le siège d'une onde entretenue.

259. — Mécanisme de l'entretien des oscillations d'un circuit par une lampe triode. — Soit un circuit oscillant (self et condensateur en parallèle) LC; la fréquence des oscilations amorties qu'il pourrait fournir dépend des valeurs de L et de C

$$F = \frac{1}{2\pi\ \sqrt{LC}}$$

Sans rien changer à la fréquence de ces oscillations, il est possible de compenser à chaque alternance la perte d'énergie, afin d'obtenir

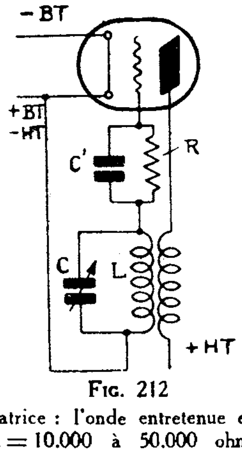


Fig. 212

Schéma d'une lampe oscillatrice : l'onde entretenue est émise à la fréquence du circuit accordé LC. R = 10.000 à 50.000 ohms; C' = 0,1 à 0.5/1.000 de μF.

une oscillation entretenue, ainsi que nous l'avions désiré au paragraphe 223.

Montage. — Le schéma est celui de la figure 212. Au bobinage L du circuit oscillant LC est couplé un bobinage L'; cet enroulement a généralement un peu moins de spires que L : la moitié par exemple. Le condensateur C, de 0,1 à 0,5/1.000 de μF et sa

résistance shunt de 10.000 à 50.000 ohms ne sont pas obligatoires : nous verrons leur utilité.

FONCTIONNEMENT. — Le circuit oscillant LC entre en oscillation; par exemple lorsque l'on « allume » la lampe en branchant les sources de chauffage BT et de tension plaque HT; ce choc électrique suffit; normalement, la décharge oscillante de C sur L doit aller en s'amortissant jusqu'à disparaître : onde amortie non renouvelée. Mais ici LC n'est plus seul. L'oscillation haute fréquence du circuit LC est appliquée entre grille et filament; on la retrouve donc amplifiée dans le circuit plaque, grâce à l'amplification de la lampe. Or, le circuit plaque comporte un enroulement L' *couplé* avec la self du circuit LC; grâce à ce couplage, le circuit plaque renvoie sur LC une partie de l'oscillation amplifiée. Il y a *report d'énergie.*

Ce report d'énergie suffit à compenser l'amortissement de l'oscillation s'il est fait au bon moment. On obtient cela en donnant un sens d'enroulement convenable au bobinage L' par rapport au bobinage L.

S'ils sont bobinés en sens inverse, le report d'énergie viendra compenser l'énergie manquant à l'alternance qui suit.

Les alternances sont égales, l'onde est entretenue, et tant que les sources d'alimentation de la lampe (BT et HT) restent branchées, l'oscillation régulière continuera.

Bobinés en sens inverse, signifie que dans l'enroulement grille, si l'on suit les spires allant *vers la grille*, on tournera en sens contraire du sens suivi dans l'enroulement plaque en suivant les spires pour aller *vers la plaque.*

UTILITÉ DU CONDENSATEUR C' ET DE LA RÉSISTANCE R. — L'oscillation produite crée un courant supplémentaire entre grille et filament; ce courant régularise l'amplitude des variations du courant plaque par l'application d'une polarisation automatique négative de grille : l'entretien exact de l'oscillation est assuré, ainsi que nous allons voir.

En effet, ce courant grille pourrait lui-même devenir trop important et il en résulterait un risque d'instabilité : l'oscillation pourrait être arrêtée par le plus léger trouble : changement dans les tensions d'alimentation par exemple.

La présence de la résistance R limite le courant grille : en effet, il s'y produit une chute de tension qui empêche ainsi la grille de devenir trop positive. La valeur convenable de R est de 10.000 à 50.000 ohms. Afin que R n'arrête pas l'oscillation HF, le petit condensateur C' de 0,1 à 0,5/1.000 de MFd livre passage à celle-ci.

L'oscillation entretenue est ainsi stable et régulière. Le schéma de la figure 212 est ainsi celui d'un émetteur de radio.

260. — Longueur d'onde émise. — *C'est celle correspondant à la fréquence d'accord du circuit oscillant LC, comme pour les émetteurs à ondes amorties.*

C sera un condensateur variable, afin de pouvoir faire varier la longueur d'onde obtenue.

L'ensemble des bobinages L et L', *bobinés en sens contraire*, peut être réalisé sur un même support. Exemple : 100 spires jointives de fil émaillé de 30/100ᵉ de diamètre bobinées sur un tube de 30 mm. de diamètre formeront le circuit L; L' sera alors un enroulement de 45 spires de même fil bobiné en sens inverse à 10 millimètres au-dessus, sur le même tube. De tels enroulements donnent une valeur de self convenant pour une gamme d'ondes possible de 200 à 550 mètres, si le condensateur variable d'accord est de 0,5/1.000 de µF (500 pF).

261. — Variantes de montages de la lampe oscillatrice. — Le schéma type de la figure 212 peut être modifié, l'entretien des oscillations restant assuré.

MONTAGE OSCILLATEUR A CIRCUIT PLAQUE ACCORDÉ. — Ainsi, le circuit oscillant LC peut être placé dans le circuit plaque, l'enroulement d'entretien étant dans le circuit grille (fig. 213).

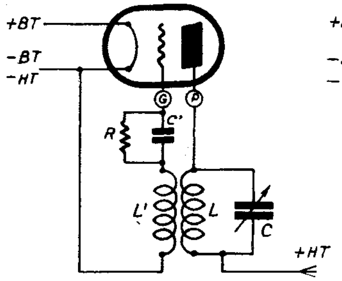


FIG. 213

Schéma d'une lampe oscillatrice; le circuit oscillant LC est ici placé dans le circuit plaque; mêmes valeurs de R et C'.

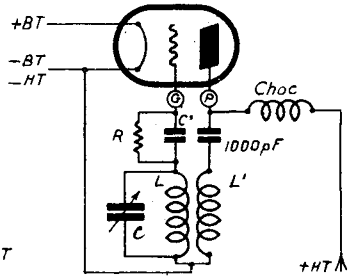


FIG. 214

Schéma d'une lampe oscillatrice, l'enroulement plaque étant alimenté en « dérivation »; mêmes valeurs de R et C'. Et 1.000 pF = 1/1000 de µF.

MONTAGE OSCILLATEUR A CIRCUIT PLAQUE EN DÉRIVATION. — Il est possible d'alimenter le circuit plaque en parallèle, c'est-à-dire de faire que le courant continu de plaque de la lampe ne traverse pas l'enroulement plaque. Cela est réalisé grâce à une « self de choc », enroulement à grand nombre de tours (2.000 par exemple), qui arrête par son impédance la haute fréquence, celle-ci étant dérivée vers l'enroulement d'entretien par un condensateur de 1 à 5/1.000 de microfarad (fig. 214). La self de choc est parfois remplacée par une simple résistance de 10.000 à 50.000 ohms.

MONTAGE OSCILLATEUR HARTLEY. — L'enroulement d'entretien est confondu dans l'enroulement du circuit accordé; une prise médiane dans l'enroulement unique permet ce montage simple et qui est d'un fonctionnement parfait (fig. 215). La résistance R est ici reliée direc-

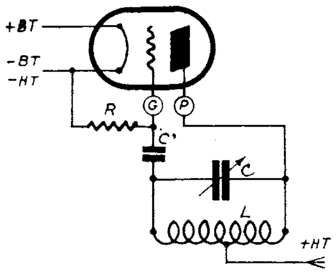


FIG. 215

Schéma d'une lampe oscillatrice en montage Hartley; L et L′ sont confondus dans l'enroulement L. Mêmes valeurs de R et C′.

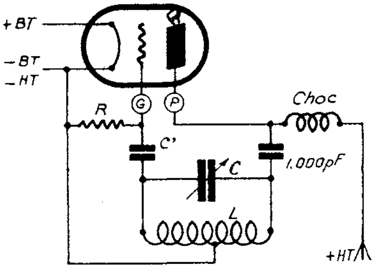


FIG. 215 *bis*

Schéma d'une lampe oscillatrice Hartley à circuit plaque en dérivation. Le circuit accordé n'est plus soumis à la haute tension. Mêmes valeurs de R et de C′ que dans les schémas précédents.

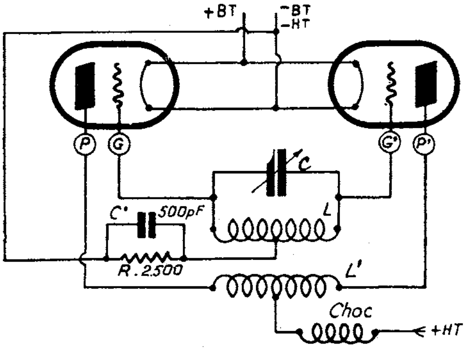


Fig. 216

Schéma d'un oscillateur à 2 lampes en symétrique type Mesny.

tement au —BT, mais son rôle est identique, le courant grille la traverse seule au lieu de traverser tout l'enroulement grille comme dans les schémas précédents.

MONTAGE OSCILLATEUR HARTLEY A CIRCUIT PLAQUE EN DÉRIVATION. — C'est l'application de la dérivation par self de choc et condensateur de la figure 214 au montage Hartley de la figure 215. Ainsi, le circuit accordé, enroulement et condensateur variable, n'est plus soumis à la haute tension nécessaire à la lampe (fig. 215 *bis*).

Ces deux derniers montages sont très employés.

MONTAGE OSCILLATEUR A 2 LAMPES EN SYMÉTRIQUE, DE MESNY

Le schéma de la nouvelle figure 216 donne le schéma de base de cet oscillateur. Les enroulements grille et plaque sont à prise médiane; le sens de rotation des bobinages est inversé pour chaque lampe, puisque le retour se fait au centre de

l'enroulement. Les deux lampes travaillent donc en opposition de phase (l'une en alternance positive pendant que l'autre est en alternance négative et réciproquement).

Les signaux HF des deux tubes peuvent s'additionner dans le circuit de sortie, puisqu'il y a nouvelle opposition dans le circuit de plaque. L'enroulement de couplage avec la sortie doit se trouver concentriquement au-dessus du point médian des enroulements grille et plaque pour recueillir semblablement les tensions HF développées par les deux tubes.

Ce montage donne une oscillation *très stable* en fréquence (si les tensions d'alimentation sont constantes) et en amplitude. Les pertes sont très réduites; les capacités internes des deux tubes sont montées en série et se trouvent ainsi diminuées; ceci facilite l'oscillation des triodes aux hautes fréquences, donc sur ondes courtes (exemple : poste émetteur-récepteur français O.T.C.ER 40).

MONTAGE OSCILLATEUR « E.C.O. » A PRISE DE CATHODE SUR LA SELF GRILLE

Cette variante du montage Hartley où la self d'entretien utilise le courant plaque dans son trajet entre cathode et — HT, au lieu de l'utiliser dans son trajet entre + HT et plaque, sera exposée et commentée dans l'étude des émetteurs à étage pilote, au paragraphe 288.

REMARQUE. — Pour la création des ondes courtes, le retour du circuit grille est parfois fait au + du filament au lieu du —; cela facilite l'oscillation pour ces très hautes fréquences.

261 *bis*. — Valeurs des sources d'alimentation des montages oscillateurs. — La source basse tension (BT) chauffant le filament dépend du type de lampe : 1,5 volt à 6 volts pour les lampes employées en France. La source haute tension doit fournir une tension suffisante à la plaque de la triode : 60 volts minimum, 160, 250 volts, 300 volts et 500 volts, parfois.

L'amplitude de l'oscillation développée dépend de l'énergie fournie, donc des caractéristiques de la lampe, et de la valeur des tensions appliquées.

262. — La lampe oscillatrice commandée par quartz. — Les cristaux de quartz peuvent, par clivage, être taillés en lames minces qui ont la particularité de pouvoir vibrer mécaniquement à une fréquence très élevée qui dépend uniquement des dimensions et notamment de l'épaisseur de la lame de cristal. On peut tailler ainsi des lames qui vibrent à des fréquences égales à celles des circuits oscillants utilisés en Radio de 100.000 à 50.000.000 de vibrations à la seconde, donc fréquence 100 kc/s à 50.000 kc/s par seconde, ce qui correspond aux ondes de 3.000 m. à 6 mètres de longueur d'onde.

Or, un cristal de quartz taillé pour vibrer sur une telle fréquence est entretenu dans cette vibration si des impulsions électriques sont développées tour à tour sur ces faces; inversement, la vibration élastique de la lame entretient sur les faces des charges électriques alternatives opposées. Ces phénomènes, connus sous le nom de piezo-électricité, peuvent être facilement utilisés dans un générateur d'ondes entretenues à lampe.

En effet, il suffit d'inclure la lame de cristal à la manière d'un condensateur dans le circuit grille de la lampe oscillatrice, chaque face du cristal se comportant comme une armature. Des supports spéciaux, métalliques enserrent la lame de quartz pour recueillir et appliquer les charges électriques développées par la vibration sur ses surfaces.

Dans le circuit plaque de la lampe, on place un circuit oscillant accordé le plus exactement possible sur une fréquence égale à celle particulière au cristal employé (qui dépend de la taille de celui-ci). L'oscillation électrique, née de la vibration du cristal, est amplifiée par la lampe, qui l'entretient. Aux bornes du circuit plaque, on recueille une oscillation qui a exactement la fréquence déterminée par le quartz; mais la tension HF recueillie est d'autant plus élevée que le circuit oscillant est mieux accordé sur cette fréquence. A la résonance, toute l'énergie HF créée est disponible dans le circuit plaque. C'est pourquoi ce circuit oscillant est muni d'un condensateur variable qui permet de l'accorder exactement.

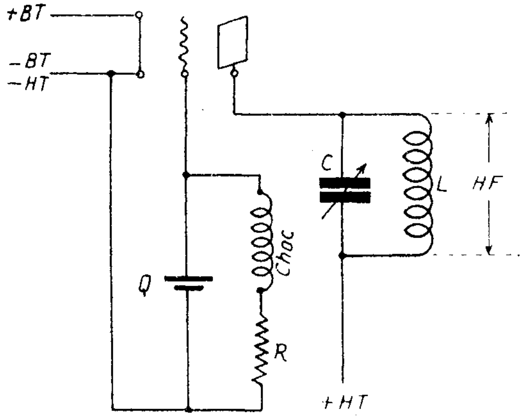


Fig. 217

Schéma d'une lampe oscillatrice contrôlée par quartz. R : 10.000 à 50.000 ohms. Q : quartz.

La manœuvre du condensateur variable ne modifiera pas la fréquence de l'onde émise, contrairement à ce qui se passe dans les générateurs à lampe ordinaires. La fréquence émise dépend uniquement de la lame de quartz employée. Mais la manœuvre du condensateur variable permettra l'accord correspondant à l'émission la plus puissante (résonance du circuit sur la fréquence du quartz).

Le montage classique d'une lampe oscillatrice ainsi contrôlée par quartz est donné en figure 217. Comme le quartz empêche la liaison électrique entre la grille et le -HT, et qu'ainsi le potentiel de la grille serait indéterminé, on obtient la fixation nécessaire du potentiel moyen

de grille en faisant le retour de celle-ci au -HT par une self de choc et une résistance placées en parallèle sur le quartz. Il suffit que la self de choc soit un bobinage offrant une impédance suffisamment élevée pour la fréquence d'accord du quartz. Ce sera donc une self de choc OC, PO, ou GO, suivant la longueur d'onde choisie pour l'émetteur.

NOTE. — Nous apprendrons en technologie comment ces montages oscillateurs sont utilisés dans les émetteurs; soit seuls, attaquant un circuit antenne-terre, soit en pilotes », attaquant des étages amplificateurs haute fréquence. La 35e leçon (chapitres 284 à 291), traitant de la technologie de l'émission est l'application directe de celle-ci.

TRENTE-DEUXIÈME LEÇON

LAMPES A ÉLECTRODES MULTIPLES BIGRILLES — LAMPES ÉCRANS — PENTHODES

La lampe triode ne peut posséder une résistance interne élevée, la valeur courante est de 20.000 ohms; le coefficient d'amplification est de 5 à 20, la pente de 1 à 2 mA par volt. La construction d'une triode, l'écartement et la dimension des électrodes sont choisis de façon à améliorer ces caractéristiques, mais on est limité. De plus, si l'on rapprochait trop les électrodes pour augmenter le coefficient d'amplification, la capacité interne entre la grille et la plaque grandirait et empêcherait l'emploi de la lampe (voir les difficultés de l'amplification causées par la capacité grille-plaque de la triode au paragraphe 253).

Les lampes à électrodes multiples ont résolu le problème d'une amplification considérable et de la diminution des capacités internes.

263. — Lampes bigrilles. — Entre la plaque et le filament, deux grilles concentriques sont placées et peuvent donc toutes deux agir

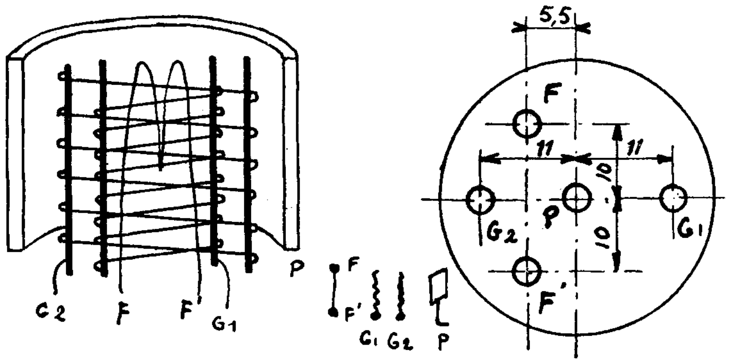


FIG. 218

Coupe d'une lampe bigrille. Les grilles G_1 et G_2 sont deux spirales concentriques ayant le filament pour centre. La plaque est cylindrique.
Culot de la lampe bigrille.

sur la marche des électrons. Les branchements se font par un culot à 5 broches (fig. 218).

EMPLOI EN AMPLIFICATRICE. — L'une des grilles, généralement la grille G_2, reçoit les oscillations HF à amplifier; il s'ensuit une variation du flux d'électrons qui détermine les variations de courant plaque. Mais l'autre grille portée à un potentiel fixe, égal environ à la moitié de la tension plaque. Elle accélère la marche des électrons, grâce à l'attraction supplémentaire qu'elle provoque, et neutralise ainsi l'action du nuage d'électrons restés autour de la cathode, ce qu'on appelle « charge d'espace ».

CONSÉQUENCE. — Le courant plaque est plus important; on peut obtenir un courant plaque suffisant (5 à 10 mA) et une amplification de l'ordre de celle de la triode *avec une tension plaque plus faible.* Avec des amplificatrices bigrilles, la tension plaque peut être ramenée à 40 ou même 20 volts, alors qu'elle serait au minimum de 80 volts avec des triodes.

La capacité interne reste au moins aussi grande qu'avec une lampe triode : il n'y a aucun progrès de ce côté.

EMPLOI EN DÉTECTRICE. — Les deux grilles peuvent être réunies ensemble et recevoir les oscillations HF à détecter. La lampe fonctionne donc en triode et le schéma est exactement celui de la détection grille par triode (paragraphe 257, fig. 208).

La grille recevant les oscillations HF peut être seulement la grille G_2, la grille G_1 portée à un potentiel égal à la moitié de la tension plaque accélère les électrons comme dans l'emploi en amplificatrice simple, ou inversement, G_1 détectant et G_2 étant l'électrode accélératrice.

Enfin, cette dernière grille peut servir à renvoyer sur le circuit oscillant une partie de l'énergie haute fréquence non détectée et d'accroître ainsi la sensibilité (réaction). Nous étudierons ce montage particulier sous le nom de détectrice à réaction (paragraphe 305, dernier alinéa) on le réalise aussi avec des lampes triodes.

EMPLOI EN OSCILLATRICE POUR CHANGEMENT DE FRÉQUENCE. — Les deux grilles distinctes peuvent servir à appliquer à la même lampe deux oscillations HF différentes. Nous verrons l'application intéressante de cette possibilité au chapitre « Changement de fréquence » (paragraphe 270).

Elle n'est plus utilisée dans cette fonction à cause de ses capacités internes élevées. Mais les lampes modernes multi-électrodes pour changement de fréquence procèdent d'elle.

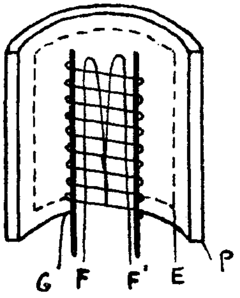
264. — Lampe à grille écran. — Aux électrodes de la lampe triode est ajoutée, entre la grille et la plaque, une électrode formée d'un treillis métallique fin appelé écran (fig. 219). Cet écran est donc une grille très serrée et sera pour cela appelé souvent deuxième grille (G_2).

L'écran est relié à une tension positive, égale à environ la moitié de la tension plaque. Un courant dit « courant d'écran » passe de

l'écran au filament et revient au premier par la source HT. Il est un peu plus faible que le courant plaque (2 mA quand $I_p = 6$ mA par exemple).

ROLE DE L'ÉCRAN. — Il est double, et il éliminera les deux reproches faits à la triode.

1° Il accélère la marche des électrons par son attraction. La lampe a, de ce fait, un coefficient d'amplification très accru, car on peut serrer davantage les fils de la première grille.



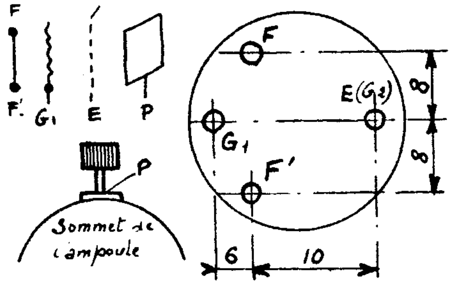


FIG. 219

Coupe d'une lampe à écran. L'écran E est formé d'une cage cylindrique en treillis métallique fin, c'est donc une grille très serrée.

FIG. 220

Culot et branchement des électrodes de la lampe à grille écran.

2° Il réalise entre la grille et la plaque un « écran » statique; car il est relié à un potentiel fixe, indépendant des variations haute fréquence. La capacité grille-plaque est par suite très diminuée. L'inconvénient principal de la triode disparaît.

EMPLOI DE LA LAMPE ÉCRAN COMME AMPLIFICATRICE HF. — C'est l'emploi qui utilise le mieux ses qualités. Le schéma est celui indiqué par la figure 221.

Le montage est classique. Il suffit d'ajouter l'alimentation de l'écran. Il sera, soit réuni à un pôle intermédiaire de la pile, si la source haute tension est une pile, soit alimenté directement au + HT, mais avec une résistance (R_1) abaissant la tension.

Cependant, comme le courant d'écran dépend de la marche des électrons il varie, et la tension obtenue à l'écran ne serait pas fixe, puisqu'elle serait égale à : HT — ($R_1 \times i$), si i est la valeur variable du courant d'écran. Aussi, on fait passer dans R_1 un courant plus élevé que i en plaçant une deuxième résistance R_2 vers le — HT. R_1 et R_2 divisent donc la valeur de la source HT : on appelle cela un pont de résistances. La figure 221 donne un exemple des valeurs. Si HT = 160 volts (valeur courante), la tension d'écran sera ainsi d'environ 80 volts. Afin qu'elle soit parfaitement fixe, car i écran

traverse toujours R_1, on place entre l'écran et le — HT un condensateur relativement important 0,1 µF) qui livre passage à la partie variable de la tension, cette variation étant à haute fréquence.

QUALITÉ D'UN ÉTAGE D'AMPLIFICATION A LAMPE ÉCRAN. — L'amélioration des caractéristiques par rapport à celles d'une triode apporte des qualités très marquées.

1° *Grande amplification :* le coefficient d'amplification k est de l'ordre de 100 à 600 (au lieu de 5 à 25 pour une triode). La pente

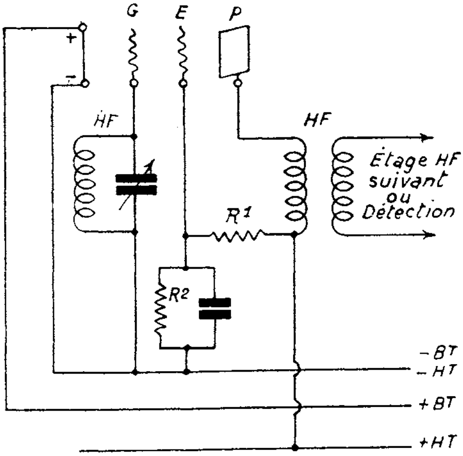


FIG. 221

Schéma d'utilisation de la lampe à grille écran en amplificatrice HF; exemple de valeurs : R_1 = 25.000 ohms; R_2 = 35.000 ohms; C = 0,1 µF.

de la caractéristique reste à peu près la même, car la résistance interne de la lampe a grandi en même temps (pente $= \frac{k}{R_i}$). Mais le gain, grâce à k, est élevé (gain $= \frac{kZ}{Z + R_i}$).

2° *Meilleure sélectivité :* La résistance interne d'une lampe se trouve en fait aux bornes du circuit oscillant LC; si elle est faible (triode) elle l'amortit : courbe de résonance aplatie, les émissions de fréquences voisines « passent ».

Au contraire, la résistance interne étant ici plus grande (400.000 ohms au moins), meilleure courbe de résonance, meilleure sélectivité.

3° *Stabilité :* Ceci veut dire que l'auto-oscillation (accrochage) qui brouillerait les auditions est supprimée, car la capacité interne grille-plaque est réduite et ne peut permettre le retour de l'énergie de la plaque sur la grille : réception stable.

Il y a lieu de spécifier que si la tension de l'écran n'était pas rigoureusement fixe, ou si elle était trop élevée (plus de la moitié de

HT), l'inconvénient de l'accrochage reparaîtrait (brouillage, sifflement, instabilité de la réception). Mais le montage à résistances en pont de la figure 221 et l'usage du condensateur C évitent cet inconvénient.

REMARQUE SUR L'EMPLOI DE LA LAMPE ÉCRAN. — Le filament reçoit à la fois le courant plaque et le courant écran. C'est la somme de ces courants qui traverse le circuit au point — BT — HT. Cette remarque aura son utilité lorsque nous chercherons à obtenir automatiquement la polarisation négative de la grille de la lampe (paragraphe 280).

265. — Lampe penthode. — Elle réalise un nouveau progrès sur la lampe à grille écran grâce à l'adjonction d'une troisième grille. On l'appelle aussi lampe trigrille.

Elle est réalisée sous forme de *lampe penthode pour haute fréquence*, à grande pente, qui est une amplificatrice remarquable (culot et branchement fig. 222) ; et sous forme de *lampe penthode de puissance*, pour équiper le dernier étage basse fréquence, et elle a alors un

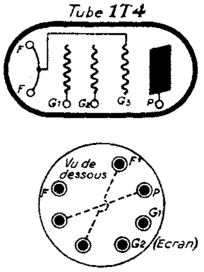


FIG. 222

Culot et branchements d'une lampe penthode haute fréquence. G_3 est reliée intérieurement au filament FF.

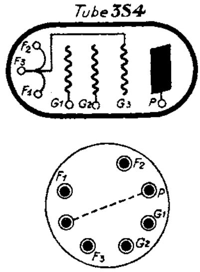


FIG. 223

Culot et branchement d'une lampe penthode de puissance (basse fréquence). G_3 est reliée intérieurement au filament FF'.

grand recul de grille (polarisation négative assez importante) et un courant plaque élevé : elle transforme en variations de courant énergiques (pour grande puissance sonore), le signal basse fréquence relativement faible qui est appliqué à la grille (culot et branchement fig. 223).

CONSTITUTION DE LA LAMPE PENTHODE. — Entre la grille G_1 recevant l'oscillation à amplifier, et la plaque, on a placé :

1° Une électrode accélératrice qui, comme dans la lampe écran, est une grille serrée portée à un potentiel positif (égal au moins à la

moitié de la tension plaque, au plus à la tension plaque). Elle augmente considérablement l'amplification, la première grille, à cause de son aide, pouvant être très serrée.

On ne pouvait pousser à ce point la lampe écran, parce que l'écran trop influent ramenait vers lui les électrons ayant touché la plaque, ce qui occasionnait l'auto-oscillation (troubles d'accrochage). La lampe écran était donc une lampe limitée.

2° Une troisième grille, ou électrode de frein, placée entre l'écran et la plaque, qui est reliée au filament (potentiel nul par conséquent), et qui empêche ainsi le retour des électrons vers l'écran.

C'est grâce à elle que l'écran peut être porté si l'on veut à une tension plus élevée et avoir encore plus d'action.

EMPLOI DE LA LAMPE PENTHODE COMME AMPLIFICATRICE HF. — Le schéma, analogue à celui employé pour la lampe écran, est indiqué en figure 224.

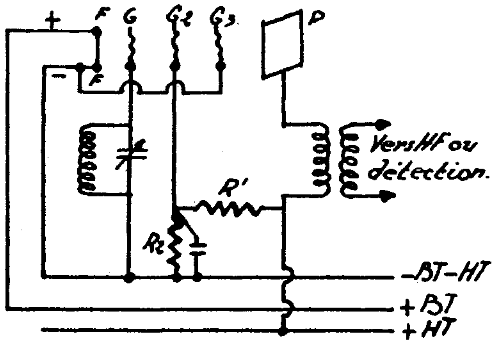


FIG. 224

Schéma d'utilisation de la lampe penthode amplificatrice haute fréquence : $R_1 = 20.000$ ohms; $R_2 = 30.000$ ohms; C = 0,1 μF.

La grille G_2 est alimentée par un pont de résistances placées entre + et — HT, la tension obtenue est un peu plus élevée que la moitié de la tension plaque, lorsque HT = 160 volts; écran = 90 volts. Le condensateur C stabilise cette tension en supprimant la variation HF.

La grille G_3 est parfois reliée intérieurement au filament : dans ce cas, il n'y a donc pas de connexion à effectuer.

QUALITÉS D'UN ÉTAGE D'AMPLIFICATION HF A LAMPE PENTHODE. — Elles sont remarquables :

1° *Très grande amplification :* Le coefficient d'amplification *k* est de l'ordre de 1.000 à 3.000, le gain est donc très élevé. Le rendement est amélioré sur la lampe à écran, car la résistance interne,

quoique considérable, n'a pas grandi en rapport, et la pente (pente $= \frac{k}{Ri}$) est de 2 à 3 mA par volt au moins.

2° *Grande sélectivité :* La résistance interne atteint 1 mégohm ou 2 mégohms, une telle impédance est sans influence sur le circuit oscillant placé en parallèle : la courbe de résonance de celui-ci reste très aiguë : élimination parfaite des ondes ayant une fréquence voisine de la fréquence d'accord.

3° *Grande stabilité :* La capacité interne extrêmement faible, le retour impossible des électrons vers l'écran, font que l'amplificateur est parfaitement stable, malgré l'amplification énorme. Pour qu'il y ait trouble, il faudrait, par un mauvais câblage en fils trop longs, ou par le voisinage de bobinages non blindés, avoir réalisé à l'extérieur les couplages parasites que la lampe penthode a pu éviter intérieurement.

Emploi de la lampe penthode HF comme amplificatrice BF de tension. — Placée après la détectrice, une lampe penthode HF peut amplifier en basse fréquence. Mais comme sa résis-

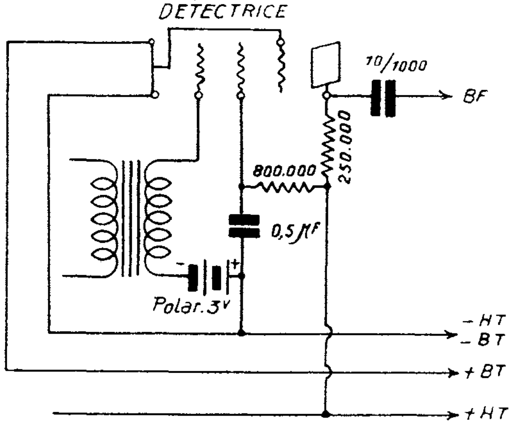


Fig. 225
Schéma d'utilisation d'une penthode HF en amplificatrice BF de tension (après la détectrice).

tance propre est élevée, il n'est pas possible d'employer une liaison à la lampe suivante par transformateur BF qui a en proportion une trop faible impédance. On emploie une liaison résistance-capacité. D'autre part, une polarisation négative de quelques volts (3 par exemple) est utile à la grille. Le schéma avec valeurs convenables est donné en figure 225).

L'écran est à une tension inférieure à la plaque grâce à la résistance de 800.000 ohms, et cette tension est fixe sans variation BF grâce au condensateur de 0,5 μF qui livre un chemin à cette variation.

EMPLOI DE LA LAMPE PENTHODE DE PUISSANCE. — Sa grande amplification permet l'attaque d'un reproducteur sonore puissant : haut-parleur.

Le schéma est donné en figure 226. On voit que la deuxième grille est reliée directement à la haute tension.

L'amplification est considérable.

La valeur minimum de la haute tension nécessaire pour un bon rendement est de 160 volts. Souvent 250 volts sont utilisés.

265 *bis.* — **Lampe à faisceaux électroniques dirigés.** — C'est la solution moderne de la lampe penthode de puissance. A vrai dire, ce n'est plus une penthode, car la 3e grille de la lampe est supprimée. Mais deux plaques (appelées déflectrices) canalisent le flux d'électrons entre l'écran et la plaque. Elles sont reliées (tout comme une 3e grille) à la cathode (donc potentiel zéro). Leur effet permet tout aussi bien qu'une 3e grille d'éviter le retour des électrons secondaires arrachés à la plaque, mais elles ne freinent plus les électrons de la cathode comme le faisait la barrière de la 3e grille. On obtient des puissances beaucoup plus grandes sans distorsion et une pente très élevée (jusqu'à 15 mA par volt). Les lampes 25L6, 6V6, 6L6, sont des réalisations de cette technique et permettent une grande amélioration des étages amplificateurs BF à petite, moyenne et très grande puissance.

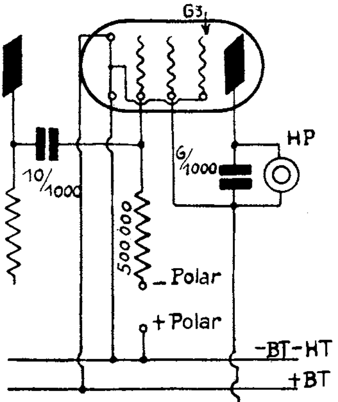


Fig. 226

Schéma d'utilisation d'une lampe penthode de puissance à chauffage direct. La grille G 3 qui freine malheureusement les électrons, mais qui a pour rôle d'empêcher leur retour sur l'écran, est reliée directement au filament (à la cathode si la lampe est à chauffage indirect).

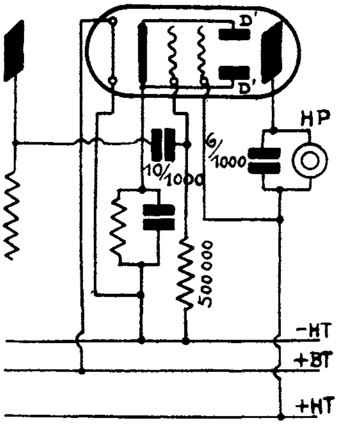


Fig. 226 *bis*

Schéma d'utilisation d'une lampe BF de puissance à faisceau électronique dirigé (grâce aux plaques D et D'). La lampe est ici à chauffage indirect et est polarisée par sa cathode (*voir paragraphe 290*).

Mais aussi cette technique a été employée pour les lampes de puissance plus spécialement destinées à la haute fréquence : les lampes finales des émetteurs sont bien des lampes de puissance, mais employées en HF. Les lampes à faisceaux électroniques dirigés spéciales pour HF (parce qu'à faibles capacités internes), comme le type 807, sont la solution de l'avenir.

266. — Lampe pour haute fréquence (écran ou penthodes) à pente variable. — La lampe à « pente variable » est une lampe dont le pouvoir amplificateur est réglable à volonté par variation de la polarisation négative de la première grille.

On obtient cet effet, en donnant à la première grille une structure irrégulière : ses mailles sont moins serrées en un point.

Lorsque la polarisation négative est faible, toute la grille agit sur les électrons : grand coefficient d'amplification, forte pente de la caractéristique.

Lorsque la polarisation négative devient plus forte, les électrons sont arrêtés par les mailles serrées : une partie seulement de la grille, celle à mailles larges, agit sur les électrons qui sont donc aussi moins nombreux : faible coefficient d'amplification, faible pente.

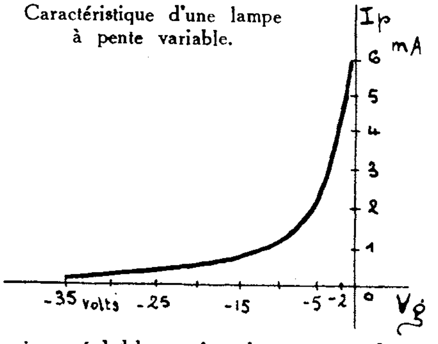
La figure 227 donne la caractéristique d'une lampe penthode amplificatrice haute fréquence à pente variable. En variant la polarisation négative de — 35 volts à — 2 volts, on fait passer la valeur de la pente de 0,005 mA par volt (très faible amplification), à 2 mA par volt (grande amplification).

Signaux faibles : on règlera la polarisation au minimum, l'amplification sera très grande, le faible recul de grille (forte pente) ne gênera pas, les signaux étant faibles.

Signaux puissants : on règlera la polarisation à une valeur plus élevée, l'amplification sera réduite et on pourra obtenir une énergie de valeur égale à celle obtenue avec les signaux faibles; de plus, le recul de grille étant important (— 30 volts par exemple), les signaux puissants ne seront pas déformés.

FIG. 227

Caractéristique d'une lampe à pente variable.



EMPLOI : Le schéma est le même que celui d'une penthode HF ordinaire à pente fixe (fig. 224). Il suffit de lui ajouter une polarisation réglable de la première grille.

En général : ou cette polarisation sera obtenue par résistance réglable dans laquelle on fait passer le courant de la lampe (donc chute de tension réglable : c'est la *commande manuelle de la sensibilité du récepteur;*

— ou la polarisation sera créée dans le récepteur de façon à être automatiquement faible lorsque le signal reçu est faible, et élevée lorsque le signal devient puissant (v. parag. 311 : antifading).

Lampe a caractéristique basculante. — C'est une penthode qui donne un effet de pente variable, par suite de la variation de la tension d'écran; pour cela, l'écran doit toujours être alimenté par une résistance série (de 40.000 à 100.000 ohms selon les tubes) de façon à ce que la polarisation négative de la première grille faisant changer la valeur du courant d'écran, celui-ci par variation de la chute de tension dans la résistance série, modifie la tension d'écran effective et par là, la pente d'amplification de la lampe.

Cette lampe se commande donc tout comme une lampe à pente variable classique par variation de la tension négative à la base du circuit de grille.

266 *bis*. — Lampes spéciales pour ondes très courtes. — Pour ces très hautes fréquences, on réalise des lampes de faibles dimensions pour diminuer le temps de parcours des électrons.

Ce temps, infime, est négligeable et sans effets pour les longueurs d'ondes usuelles, même pour 20 mètres de longueur d'onde (15.000 Kc de fréquence), soit les ondes courtes; à plus forte raison pour les petites ondes et grandes ondes.

Il n'en est plus de même lorsque la lampe doit amplifier des oscillations dont la longueur d'onde est inférieure à 5 mètres (fréquence supérieure à 60.000 Kc. Le temps d'une alternance est alors très bref (durée d'une période : 1/60.000.000 de seconde, donc 1/120.000.000 de seconde pour une alternance). Le temps de parcours des électrons entre cathode et plaque, si bref qu'il soit, représente une durée importante devant la durée d'une alternance; il s'ensuit un déphasage entre le signal appliqué et les variations du flux électronique, donc une diminution importante de l'amplification et de la résistance intérieure de la lampe; cela est sensible déjà en-dessous de 10 mètres de longueur d'onde, mais en-dessous de 5 mètres de longueur d'onde, les lampes cessent même de fonctionner. C'est pourquoi on réalise des lampes très petites, où les électrodes sont très proches, ce qui réduit le temps de parcours des électrons. On les appelle *lampes-glands* : en Amérique, *lampes acorn*, comme les types 955 (triode), 954 (penthode), 9003 (penthode) et en Europe : 4671 (triode), 4672 (penthode), 4695 (penthode à pente variable).

Pour diminuer les capacités, les broches sortent sur le pourtour de l'ampoule (fig. 227 *bis*), donc sans culot. On branche les connexions à l'aide de pinces serrant l'extrémité des broches. Ces tubes sont donc employés dans les émetteurs et les récepteurs pour ondes très courtes. Nous les trouverons dans plusieurs schémas O.T.C. dans la partie « Technologie » de cet ouvrage.

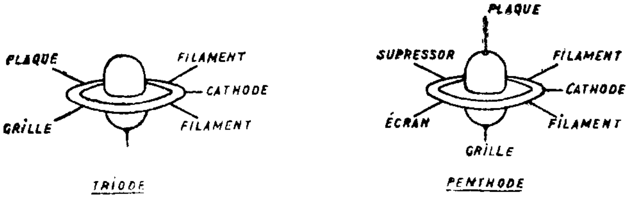


Fig. 227 *bis*

Deux types de lampes-glands, une triode et une penthode, pour ondes très courtes.

266 *ter*. — Tubes dits « klystrons » pour ondes centimétriques. — Les *klystrons* sont des tubes tout à fait spéciaux, pour ondes inférieures à 1 mètre, dites ondes centimétriques (jusqu'à 5 cm de longueur d'onde, soit une fré-

quence de six milliards de périodes par seconde). La solution des lampes-glands décrite ci-dessus serait encore impuissante. On a trouvé le moyen d'utiliser le temps de parcours des électrons pour créer l'oscillation sans le secours de circuits extérieurs. Les électrons se concentrent en nuages de densités variables, autour de grilles placées sur leur parcours; le déphasage est utilisé pour un report d'énergie, et la « danse » des électrons d'une électrode à l'autre crée l'oscillation à très haute fréquence. Des *cavités* (demi-sphères ou *demi-tores*) placées concentriquement au tube ont une fréquence de résonance convenable sur la longueur d'onde désirée. On les « accorde » par déplacement de leurs parois. Ces cavités sont appelées *« rhumbatrons »*.

Un tube klystron français permet par exemple l'émission d'ondes de 13 à 17 cm de longueur d'onde.

Des installations développent facilement une puissance-antenne de 100 watts.

Ces rayonnements à ultra-ultra haute fréquence (deux milliards de périodes en une seconde) peuvent parfaitement être modulés à basse fréquence, donc servir à des liaisons téléphoniques. Mais ils auront aussi des applications énormes non seulement dans la technique des rayonnements dirigés (guidage d'appareils, détection et vision à distance des obstacles, des ennemis, etc., voir paragr. 302 *ter*, les radars), mais aussi et surtout en médecine. On sait déjà que les petits animaux (souris) meurent en quelques secondes, s'ils sont dans le faisceau d'ondes de 15 cm.

267. — Lampe à plusieurs électrodes montée comme inductance (self) ou réactance (capacité). — Nous enseignons ici une application très particulière des lampes électroniques qui, en 1939, a conduit aux montages de *récepteurs à correction automatique de l'accord* (autrement dit qui se réaccordent sur la longueur d'onde du signal HF si le réglage de la longueur d'onde des circuits accordés vient à en différer légèrement) et qui, en Amérique, a permis dès 1940 la réalisation pratique des *émetteurs d'ondes modulées en fréquence.*

Ce sont ces derniers appareils qui nous intéressent. Les armées alliées les utilisent depuis 1944 et ils ont apporté des avantages énormes. Revoyez les paragr. 224 *bis* (modulation en fréquence) et 242 (réception d'une onde modulée en fréquence), puis travaillez ce qui suit afin de pouvoir comprendre dans notre partie « Technologie » la description de ces émetteurs ultra-modernes (paragr. 293).

Une lampe électronique semblable à celles que nous avons étudiées, une penthode HF à pente fixe ou variable par exemple (paragr. 265 et 266), peut être considérée comme une impédance (résistance interne) parcourue par un courant

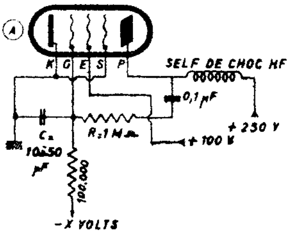


Fig. 228 A

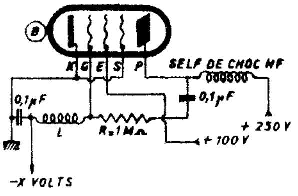


Fig. 228 B

A : Lampe montée en inductance (self) variable. — B : Lampe montée en capacitance variable. Le bobinage (ou le condensateur) fictif se trouve réalisé entre les points P et K. Sa valeur varie avec la tension négative appliquée au point — x volts. K, cathode; G, grille; E, écran; S, 3ᵉ grille ou suppresseur; P, plaque. Ces lampes sont des penthodes à pente variable de type classique : exemple, types 6K7, 6SK7, EF5, EF9, 1852.

alternatif à très haute fréquence (le courant plaque-cathode reproduisant les oscillations).

Si nous réalisons le montage de la figure 228 A, nous pouvons transformer cette résistance interne en inductance, tout à fait semblable à l'impédance présentée par un bobinage. Autrement dit : lampe + les résistances et condensateurs des circuits de notre schéma = un bobinage.

Les organes essentiels sont R et C. Au contraire, le condensateur de 0,1 microfarad sert uniquement à empêcher la tension continue de plaque (250 volts) d'aller vers la grille. Sa valeur est tellement grande qu'elle est sans influence sur les oscillations, puisqu'il est monté en série dans le circuit où il y a un condensateur C de très faible valeur, qui lui a tout le rôle à jouer.

C'est en effet cette chaîne RC *montée en parallèle sur l'espace plaque-cathode* qui donne à celui-ci le caractère d'une inductance analogue à celle d'une self.

EXPLICATION. — Si une tension alternative (oscillation) est appliquée à la plaque de la lampe, elle traverse le circuit RC. Or, ce condensateur, de faible valeur, présente une impédance importante (revoir paragraphe 167 sur le rôle des condensateurs en courant alternatif). RC forme donc un diviseur de tension (comme s'il s'agissait d'un potentiomètre), et entre G et cathode une partie de la tension alternative est donc appliquée. La présence du condensateur C décale la tension appliquée à la grille de presque 1/4 de période (presque 90°) sur la tension appliquée à la plaque (revoir paragr. 169). Or, la tension de grille fait varier le courant plaque-cathode à son rythme, comme dans une lampe amplificatrice. Il s'ensuit que dans cette lampe le courant plaque a ses variations décalées de presque 90° par rapport à la tension plaque.

Quel est l'organe qui, devant une tension alternative, se conduit de telle façon que le courant qui le traverse varie « en retard » sur la tension? Revoyez en électricité, dans ce volume, le paragr. 173 et concluez : c'est un bobinage. *Notre lampe se conduit comme un bobinage.* La condition de réussite est que l'impédance totale du R et C dans le schéma fig. 228 A soit très grande pour que le courant dérivé dans cette branche soit le plus faible possible.

Si, comme dans le schéma fig. 228 B, nous plaçons entre grille et cathode un bobinage au lieu d'un petit condensateur, c'est dans l'autre sens que la tension de grille, donc le courant de la lampe, est décalé : le courant de la lampe est en avance cette fois sur la tension plaque de la lampe : celle-ci se conduit donc comme une capacité.

Il est intéressant de savoir la valeur équivalente du « bobinage » représenté par la lampe en fig. 228 A ou du « condensateur » qu'elle symbolise en fig. 228 B.

On démontre que l'on a dans le premier cas :

$$Lf = \frac{R \times C}{S}$$

et dans le second cas :

$$Cf = \frac{L \times S}{R}$$

Le coefficient de self-induction Lf (L fictif) étant obtenu en henrys, si C est exprimé en farads, R en ohms, *et si S est la pente de la lampe*, en ampères par volt.

Et dans le second cas, les mêmes unités font trouver C fictif en farads.

La pente de la lampe fait donc varier le résultat obtenu. Or, nous avons appris que dans les lampes dites « à pente variable », il suffisait de faire varier la tension continue négative appliquée à la grille pour faire varier la pente (paragr. 266).

Donc, il suffit d'appliquer une tension de plus ou moins de volts à la grille (avec une pile, ou n'importe quelle source de tension) pour obtenir un bobinage de valeur variable, ou dans le cas du schéma B, un condensateur de valeur variable.

'Application. — Si nous mettons un circuit accordé habituel (bobinage et condensateur en parallèle) entre les points P et K de l'un de nos schémas, la fréquence (ou longueur d'onde) de ce circuit variera selon la tension négative appliquée à la grille de la lampe. Voilà qui éclairera nos descriptions d'émetteurs modulés en fréquence dans les chapitres de technologie de cet ouvrage.

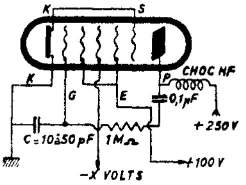


Fig. 228 *bis*

Lampe heptode (5 grilles) montée en inductance (self) variable. Le bobinage fictif se trouve réalisé entre les points P et K. Sa valeur dépend de la tension négative appliquée au point — x volts.

La fig. 228 *bis* représente un montage analogue où la lampe a cinq grilles (heptode au lieu de pentode). Le principe est le même, mais c'est la troisième grille qui est à pas variable. C'est elle qui reçoit la tension négative réglant la pente et réglant, par suite, la valeur du « bobinage » fictif obtenu. C'est toujours la première grille qui transmet le décalage courant-tension obtenu par la chaîne RC. Nous avons indiqué sur ces schémas les valeurs convenables de R et C, en pratique.

NOTE

Magnétrons. — *Pour l'étude de ces tubes générateurs* UHF *(ondes centimétriques), voir le nouvel ouvrage de* Lucien Chrétien : Ce que le technicien doit savoir du radar, *aux Editions Chiron, 40, rue de Seine, Paris-6*ᵉ*. Cette étude n'est utile que pour les opérateurs « radar ».*

TRENTE-TROISIÈME LEÇON

LA RÉCEPTION PAR CHANGEMENT DE FRÉQUENCE

Nous avons étudié l'amplification haute fréquence (par triode, bigrille, lampe écran ou penthode), la détection et l'amplification basse fréquence (par triode ou penthode BF). De l'antenne au casque ou haut-parleur, nous connaissons donc tous les circuits. Dans la partie plus spécialement pratique de cet ouvrage, nous présenterons les schémas complets des récepteurs, spécialement des récepteurs de trafic radio.

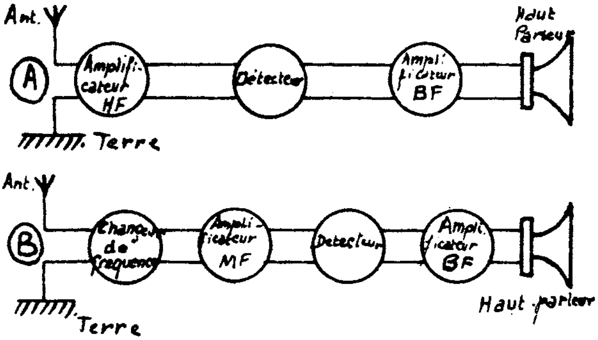


Fig. 228 *ter*

Composition de deux catégories de récepteurs : A, à amplification directe; B, à changement de fréquence.

Mais la plupart des récepteurs modernes n'appliquent pas exactement cette solution simple : HF, détection, BF, que l'on peut appeler « méthode de l'amplification directe ». Ce sont les récepteurs *changeurs de fréquence*, également connus sous le nom de *superhétérodynes*.

268. — Principe et buts des récepteurs à changement de fréquence. — Ces récepteurs transforment la fréquence de l'onde à recevoir (oscillation *incidente*) qui est différente pour chaque émetteur (longueurs d'onde différentes) en une fréquence fixe, généralement plus basse (appelée moyenne fréquence) que de nouveaux étages amplificateurs, accordés une fois pour toutes sur cette fréquence fixe, amplifient dans les meilleures conditions de sélectivité et de sensibilité.

COMPOSITION ESSENTIELLE D'UN RÉCEPTEUR CHANGEUR DE FRÉQUENCE :

1° Etage changeur de fréquence (change l'onde HF reçue en MF) ;

2° Etage amplificateur moyenne fréquence (la MF a une valeur fixe choisie) (on dit aussi « fréquence intermédiaire » : IF au lieu de MF) ;

3° Etage détecteur;

4° Etages amplificateurs basse fréquence (fig. 228 *ter*).

MOYEN D'OBTENIR LE CHANGEMENT DE FRÉQUENCE. — L'étage changeur comporte un circuit oscillateur à lampe qui crée une oscillation entretenue (véritable petit émetteur) appelée oscillation locale. Grâce à une autre lampe, ou à la même suivant les méthodes, l'oscillation locale et l'oscillation de l'onde reçue agissent ensemble sur la marche des électrons : *le courant plaque qui en résulte varie à une fréquence égale à la différence des deux fréquences appliquées.*

EXEMPLE : Soit une émission sur 300 mètres de longueur d'onde, donc fréquence 1.000 kilocycles; si on crée une oscillation locale sur 1.450 kilocycles, et qu'on applique les deux à une même lampe, le courant plaque de celle-ci aura une fréquence de 1.450 — 1.000 = 450 kilocycles (valeur de la moyenne fréquence). Comme l'oscillation locale est une entretenue pure, l'onde moyenne fréquence obtenue *en remplacement* de l'onde HF de 1.000 kilocycles, aura gardé intacte la modulation de celle-ci.

En amplifiant la moyenne fréquence et en détectant, on obtient donc le signal BF, tout comme si l'on avait amplifié et détecté directement l'onde reçue.

268 *bis*. — Avantages du changement de fréquence. — On peut, en moyenne fréquence, amplifier beaucoup plus qu'en haute fréquence, les circuits étant choisis exactement pour une fréquence donnée (MF), alors qu'un circuit à accord variable doit s'accommoder des fréquences les plus diverses. Pour cette raison, l'amplification est aussi plus soignée : troubles évités.

SÉLECTIVITÉ. — Les circuits moyenne fréquence peuvent être montés en filtre de bande : le primaire, comme le secondaire, est un circuit accordé; comme la fréquence de leur accord est connue et fixe (MF), le couplage peut être exactement choisi et la sélectivité est parfaite (courbe de résonance rectangulaire des filtres de bande étudiée au paragraphe 218).

ACCORDS NÉCESSAIRES. — Deux accords sont nécessaires, le premier à l'entrée du récepteur sur la longueur d'onde de l'émission captée; le second, pour accorder l'oscillateur local sur une fréquence telle qu'elle diffère de la fréquence reçue d'une valeur égale à MF.

La fréquence de l'oscillateur est donc différente pour chaque longueur d'onde incidente à recevoir.

Mais tous les étages suivants (MF) sont à accord fixe.

LÉGERS DÉFAUTS DU CHANGEMENT DE FRÉQUENCE. — Un « souffle » est produit et se fait entendre dans le haut-parleur; mais avec les lampes modernes spéciales pour changement de fréquence, il est pratiquement inexistant. Les autres défauts : sifflements d'interférence, deux accords différents pour chaque réception, sont éliminés si la valeur moyenne fréquence a été bien choisie.

Applications du changement de fréquence à la stabilité des émetteurs à la réception avec comptage de la fréquence : c'est le principe des circuits *Stabilidyne* que nous traiterons en technologie.

269. — Choix de la valeur moyenne fréquence. — La valeur d'accord des étages moyenne fréquence fut, il y a quelques années, égale à 55 kilocycles; puis on choisit 120 à 135 kilocycles; et aujourd'hui, seules les valeurs MF de 450 à 475 kilocycles sont employées.

INCONVÉNIENTS D'UNE MF TROP BASSE. — Soit F la fréquence de l'oscillateur local.

Pour chaque réglage de l'oscillateur local, deux ondes peuvent être reçues en donnant la valeur MF, l'une égale à F + MF, l'autre égale à F — MF. Si MF a une valeur assez faible, 130 kc/s par exemple, les deux ondes, malgré l'accord du circuit d'entrée du récepteur pourront passer, d'où brouillages et sifflements d'interférence entre elles. C'est le trouble que l'on désigne par « image de fréquence ».

EXEMPLE : Programme Parisien émetteur de Lyon sur 498 m; F = 602 kilocycles. Paris National émetteur sur 347 mètres; F = 863 kilocycles.

Un récepteur avec oscillateur réglé sur 732 kilocycles pour recevoir Lyon : 732 — MF (130) = 602, recevra en même temps Programme National : 732 + 130 = 862 kilocycles.

Mais si la moyenne fréquence atteint 450 kilocycles, le deuxième « battement » possible F + MF est rejeté en dehors de la gamme d'ondes couverte par le circuit d'entrée et ne peut plus passer.

Le « blocage de l'oscillatrice » est un autre inconvénient de la valeur moyenne fréquence trop basse : la différence entre la fréquence de l'oscillateur et la fréquence du circuit d'entrée recevant l'onde est si faible que l'oscillateur entraîne la mise en oscillation propre de ce circuit d'entrée donc sur la fréquence de l'onde reçue : sifflement, réception impossible.

Là encore, une valeur MF de 400 à 500 kc. supprime l'inconvénient.

QUALITÉS DES CIRCUITS MOYENNE FRÉQUENCE. — Les valeurs MF plus basse que 400 kc. avaient d'abord été employées à cause de la qualité des circuits que l'on obtient plus facilement aux fréquences basses (grandes longueurs d'onde) ; pour obtenir un « facteur de

surtension » des bobinages, aussi important, une « bande passante », donc une sélectivité, aussi aiguë, il a fallu, sur 400 à 500 kc. placer à l'intérieur des bobinages des noyaux magnétiques formés de particules de fer noyées dans un isolant et employer du fil à brins multiples isolés les uns des autres et tordus sur eux-mêmes.

270. — Changement de fréquence par lampe bigrille. — On a pu réaliser le changement de fréquence, c'est-à-dire la création d'une oscillation locale et l'injection de cette oscillation sur le trajet de l'onde « incidente » reçue en employant une lampe triode unique; plus souvent en employant deux lampes; mais aussi en employant une bigrille qui permet l'association des deux fonctions : oscillatrice (onde locale) et modulatrice (mélange des deux fréquences). Les lampes modernes spéciales pour changement de fréquence dérivent de ce procédé.

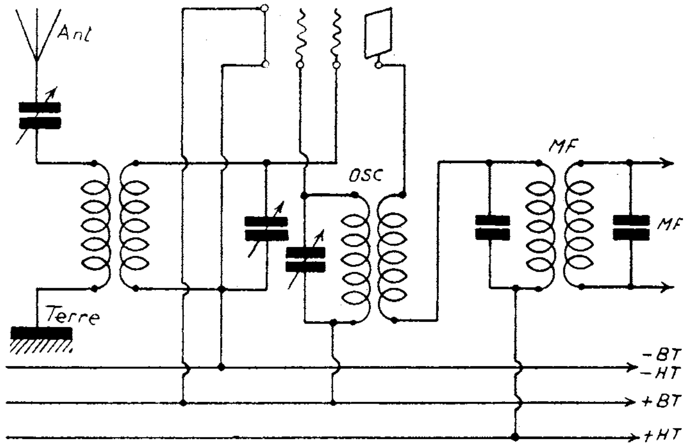


Fig. 229

Changement de fréquence par lampe bigrille; HF, circuit d'entrée de l'onde reçue; OSC, oscillateur de l'onde locale; MF, transformateur accordé sur la moyenne fréquence et faisant « filtre de bande » (primaire et secondaire tous deux accordés).

Le schéma est celui de la figure 229. La deuxième grille de la lampe reçoit l'onde incidente (HF). La première grille, grâce à un couplage avec le circuit plaque, forme avec la plaque une lampe oscillatrice émettrice d'ondes entretenues (paragraphe 259). Les deux oscillations affectent le flux des électrons; dans le circuit plaque se trouve placé le primaire du transformateur accordé sur la valeur moyenne fréquence : le signal MF (porteur de la modulation que por-

tait le signal HF) y apparaît, résultat de la différence de fréquence entre le signal HF et l'oscillation locale.

271. — Amplificateur moyenne fréquence. — Il peut comprendre un ou deux étages d'amplification. Si la lampe est à grille écran ou bien une penthode, l'amplification est suffisante avec un seul étage.

Le schéma est donné en figure 230. Les transformateurs MF_1 et MF_2, tous deux accordés sur la valeur MF (450 kc. par exemple), font les liaisons à l'entrée et à la sortie de l'étage. Les résistances R_1 et R_2 fixent la tension de l'écran à environ la moitié de la tension de la plaque.

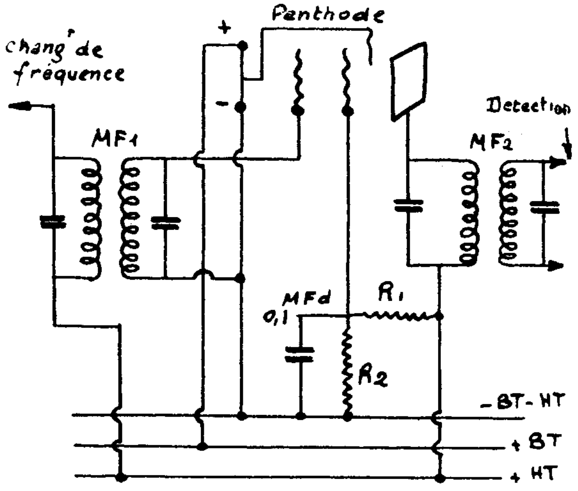


FIG. 230

Amplification MF par lampe penthode; R_1 = 20.000 ohms; R_2 = 30.000 ohms; MF_1 et MF_2 sont les deux transformateurs accordés sur la valeur moyenne fréquence.

272. — Lampes spéciales multigrilles pour changement de fréquence. — Le reproche essentiel fait à la bigrille étant le manque d'indépendance entre les deux fonctions : « oscillatrice » et « mélangeuse », ce qui peut occasionner des troubles, surtout en ondes courtes, on a résolu le problème en plaçant des électrodes-écrans qui diminuent les capacités entre les grilles oscillatrices et HF et. en accélérant les électrons, permettent un rendement et une amplification considérables.

Nous donnons des croquis schématiques de ces lampes spéciales qui suffisent à faire comprendre la façon dont elles sont utilisées : la pentagrille américaine (ou heptode), l'octode, et la triode-hexode (fig. 231).

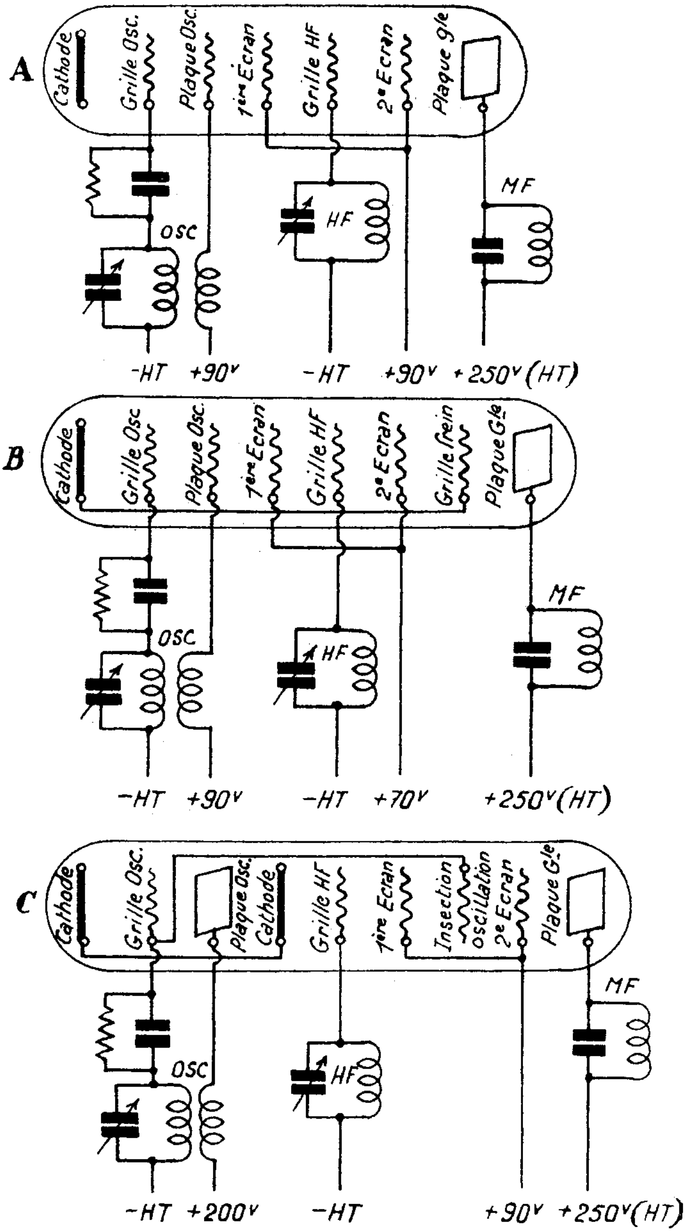


Fig. 231

Lampes modernes spéciales pour changement de fréquence. A, pentagrille; B, octode (la grille-frein a le même rôle que la troisième grille d'une penthode : retour des électrons empêché). C, triode-hexode.

TRENTE-QUATRIÈME LEÇON

LES SOURCES D'ALIMENTATION DES LAMPES ÉLECTRONIQUES

Nous avons vu que tous les tubes électroniques, diodes, triodes, penthodes, etc..., nécessitent :

— Une source basse tension qui échauffe le filament (2 à 6 volts) ;

— Une source haute tension portant la plaque à un potentiel élevé (80 à 250 volts) ;

— Des tensions négatives de grille dites de « polarisation » ;

— Et des tensions intermédiaires pour les électrodes auxiliaires (écrans) souvent obtenues à partir de la haute tension par l'intermédiaire de résistances.

Nous allons préciser ce problème de l'alimentation et les branchements.

1° LE CHAUFFAGE

L'émission des électrons ne se fera pas toujours à partir d'un filament chauffé par le passage du courant basse tension; elle peut se faire d'une électrode indépendante appelée « cathode » chauffée

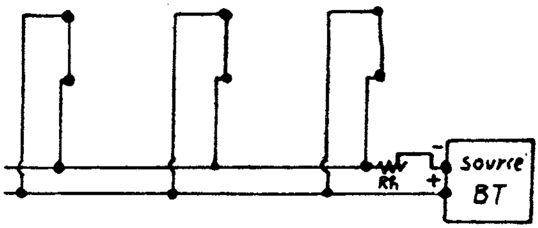


Fig. 232

Chauffage en parallèle des filaments des lampes batteries.

intérieurement par un filament parcouru par le courant de chauffage. Jusqu'ici, nous n'avions considéré que le premier cas : chauffage direct.

273. — Chauffage direct : le circuit de chauffage. — C'est le filament parcouru par le courant basse tension qui émet directement les électrons. Le courant de chauffage est relativement peu élevé.

Toutes les lampes ainsi construites sont des lampes batteries, c'est-à-dire destinées à avoir comme source basse tension soit des piles, soit des accus.

Tous les schémas donnés jusqu'ici ont été établis avec ces lampes.

Le circuit de chauffage comprend : la source (pile ou accu) et les filaments de toutes les lampes du poste placés en parallèle (fig. 232).

Afin de pouvoir régler la tension de chauffage un rhéostat (Rh) ou résistance réglable est placé en série dans l'un des conducteurs d'alimentation. Valeur : 6 à 30 ohms.

CHAUFFAGE 1,4 VOLT. — Les lampes batteries modernes ont un filament prévu pour 1,4 volt et consomment sous cette tension 25 à 50 mA. Les lampes de puissance de cette série ont un filament 2,8 à 3 volts avec point milieu (voir fig. 223), ce qui permet, en reliant ensemble les deux points extrêmes, de mettre en parallèle les deux moitiés et de les chauffer aussi sous 1,4 volt avec 100 mA.

CHAUFFAGE 4 VOLTS. — Les lampes 4 volts demandent chacune un débit d'au moins 60 milliampères. Les lampes de puissance (émission ou basse fréquence) demandent jusqu'à 150, 200, 250 milliampères chacune.

CHAUFFAGE 6 VOLTS. — Les lampes 6 volts demandent de 100 à 300 milliampères chacune suivant le type. Le débit total du circuit de chauffage est donc facile à calculer, connaissant les types des lampes; les différentes lampes sont connues par des numéros.

LIAISON ENTRE LA BATTERIE BT ET LA BATTERIE HT. — La source haute tension doit être branchée à un point du filament pour que le retour du courant plaque-filament puisse s'effectuer.

C'est le pôle — de la source HT qui sera réuni :

soit au pôle — de la source BT,
soit au pôle + de la source BT.

Les deux méthodes sont employées, il y a lieu de regarder quelle est celle appliquée pour l'appareil considéré avant de brancher ses batteries.

Le retour des circuits HF ou BF s'effectue en général sur le pôle — BT, sauf pour le circuit de détection grille (pôle + BT).

273 *bis.* — **Chauffage indirect : lampes pour « postes secteur ».** — Lorsque l'alimentation des lampes est faite à partir d'un secteur électrique, les lampes sont à chauffage indirect, les filaments qui peuvent dès lors être chauffés par du courant alternatif n'émettent pas d'électrons, mais échauffent l'intérieur d'un bâtonnet appelé *cathode*, dont la surface recouverte d'oxyde émet les électrons.

Le schéma normal du circuit de chauffage est donné par la figure 233; l'enroulement secondaire du transformateur d'alimentation est calculé pour donner soit 5 volts, soit 6 volts, suivant les types de lampes. Le courant nécessaire varie de 200 ou 300 milliampères à 1 ou 2 ampères (pour les lampes de puissance). Cette fois, c'est la cathode qui doit être réunie au — HT pour fermer le circuit du courant plaque.

Généralement, le — HT, un point de l'enroulement de chauffage et les cathodes sont reliés tous au châssis métallique de l'appareil que l'on appelle la « masse ».

Les cathodes peuvent ne pas y être reliées directement, mais par des résistances. Nous verrons pourquoi au paragraphe 280 (« polarisation »).

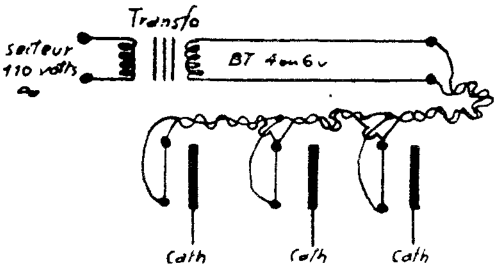


FIG. 233

Chauffage des lampes à chauffage indirect par le courant alternatif.

Les lampes à chauffage indirect ont pris le pas sur les lampes batteries et équipent maintenant non seulement les appareils alimentés par le secteur, mais aussi les appareils montés sur voitures et sur avions; elles sont chauffées alors par les accumulateurs 6, 12 ou 24 volts.

2° LA TENSION PLAQUE

La tension de la plaque d'une lampe par rapport au filament doit être de 60 à 160 volts pour les lampes à chauffage direct : lampes « batteries », et de 100 à 250 volts pour les lampes à chauffage indirect « lampes secteur » plus puissantes.

274. — Alimentation haute tension par batteries. — C'est le procédé normal pour les postes portatifs, quoique les batteries puissent, pour certains usages, en émission surtout, et afin de limiter leur usure, être remplacées par des générateurs de courant continu (magnétos ou dynamos).

PILES. — Les piles haute tension sont formées de petits éléments de piles placés en série, de façon à obtenir la tension plaque demandée (120 volts le plus souvent) ; des prises intermédiaires sont faites pour obtenir les tensions plus faibles : tensions d'écran par exemple, ou tensions de plaque pour bigrilles (40 volts). Le pôle — de la batterie haute tension est à relier à l'un des pôles de la batterie basse tension (+ ou — suivant les montages) afin de permettre le retour du courant plaque qui se referme par les filaments.

La figure 234 schématise une alimentation avec tension plaque par pile. Le condensateur C, *facultatif*, favorise le passage des oscil-

lations HF qui existent dans les circuits plaques des lampes amplificatrices HF, la pile leur présentant une certaine résistance : le risque d'accrochages (sifflements, instabilité de la réception) est ainsi diminué, les oscillations d'un étage HF ne pouvant plus affecter un autre étage HF.

En campagne, les piles type amorçables étudiées au paragraphe 52 d'encombrement réduit, sont encore employées pour l'alimentation plaque des postes récepteurs (pile 103 volts des E.R. portatifs).

La consommation haute tension d'un récepteur moyen à lampes batteries varie entre 10 et 30 mA.

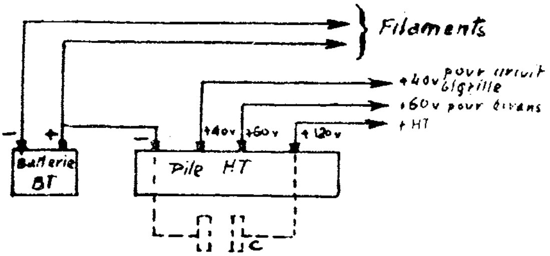


FIG. 234

Exemple d'alimentation haute tension par piles. Le condensateur C, d'une valeur de 0,5 à 2 microfarads, peut être placé pour favoriser le retour des oscillations haute fréquence qui affectent les courants plaques.

275. — Alimentation haute tension par générateur machine à main ou à pédale) ou convertisseur avec filtrage du courant fourni. Vibreur HT sur accus. — La machine à main ou à pédale est une petite génératrice pour postes portatifs maintenant délaissée au profit des systèmes vibreurs. Cette génératrice comporte deux induits et donc deux collecteurs, l'un fournissant 5 à 6 volts, recharge un accumulateur qui sert de source basse tension (seul pour la réception, et en « tampon » avec marche de la magnéto pour l'émission) ; l'alimentation plaque qui nous intéresse ici est donnée par l'autre induit : 250 volts.

Ce courant plaque issu du générateur est ondulé; pour en faire un courant continu suffisamment pur pour alimenter les lampes d'émission, on place *un dispositif de filtrage* du type étudié au paragraphe 172 : les selfs à fer arrêtent l'ondulation du courant irrégulier, les condensateurs lui livrent passage avant le circuit. Le schéma de ce type d'alimentation plaque est donné en figure 235.

Une solution plus moderne est employée désormais pour les postes portatifs (à piles, ou à accus de capacité limitée). C'est la solution du *vibreur* : la palette vibrante d'un électro-aimant (système des sonneries) coupe périodiquement le courant d'un accu ou d'une pile 4 ou 6 volts; ce courant devenu ainsi variable peut alors être élevé par transformateur à une haute tension de 200 volts, et on redresse après avec une valve pour en faire une tension continue 200 volts.

Les *convertisseurs* partent du même principe que la machine à main, puisqu'ils portent plusieurs induits donnant les différentes tensions utiles pour le chauffage et la haute tension. Mais ils tournent seuls, étant en même temps moteurs, grâce à un induit BT alimenté par la source disponible (accus par exemple).

Dans la partie technologie de cet ouvrage, nous donnerons les

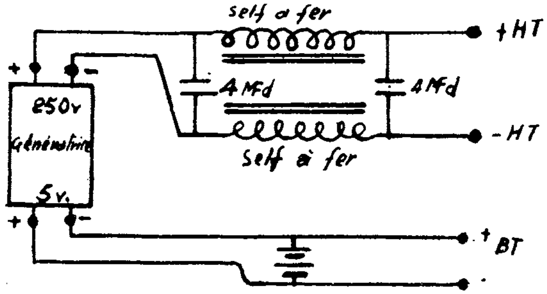


Fig 235

Exemple d'alimentation haute et basse tension par génératrice à main ou à pédale, la haute tension obtenue et filtrée ne devant être employée que pour les lampes d'émission. Les vibreurs qui peuvent remplacer ces génératrices sont décrits pour le principe dans le texte ci-contre et en pratique à la 41e leçon.

détails pratiques de branchement, de marche et d'entretien des dispositifs d'alimentation (41e leçon : paragraphes 319 à 324).

276. — Alimentation haute tension en courant alternatif réel pour les émetteurs d'ondes entretenues. — Lorsque le circuit plaque d'une lampe émettrice est alimenté en courant alternatif, il n'y a oscillation que pendant les alternances positives : *l'onde entretenue produite est modulée à la fréquence du courant d'alimentation*. Par suite, à la réception, l'onde détectée donnera un son fixe ayant cette fréquence. Ce procédé ne peut donc être employé que pour la Radiotélégraphie, et uniquement sur le poste émetteur.

L'émetteur d'avion E34 par exemple, était alimenté en haute tension par le courant venu directement d'un alternateur à fer tournant (décrit au paragraphe 187) ; la tension est simplement élevée à 1.200 volts par un transformateur; la fréquence du courant alternatif est de 900 périodes/seconde. Le son des signaux Morse est donc de 900 périodes/seconde. C'est à peu près la note *la* de l'octave au-dessus du *la* du diapason. Le poste de marine B 41 K utilisa le même procédé : alternateur à fréquence 600 c/s.

277. — Alimentation haute tension par le secteur alternatif. — Cette méthode est surtout employée avec *les lampes à chauffage indirect :* chauffées directement en alternatif grâce à un enroulement secondaire de faible tension du transformateur d'alimentation, elles reçoivent leur tension plaque d'un redresseur transformant le courant alternatif à haute tension en courant continu à haute

tension. Le schéma de la figure 236 donne ainsi le schéma de l'alimentation complète d'un poste sur le secteur. Le *transformateur d'alimentation* élève la tension à 350 volts généralement, une *valve biplaque* redresse le courant comme nous l'avons étudié au paragraphe 244, et une tension continue de 350 volts environ est obtenue. Mais ce courant étant légèrement ondulé, un *filtre* composé d'une *self à fer* (10 à 50 henrys) et de deux *condensateurs* électrolytiques (4 à 16 microfarads) le régularise : courant continu pur. La chute de tension due à la résistance de la self fait que la tension finalement obtenue est de l'ordre de 250 volts.

La consommation haute tension d'un récepteur moyen « secteur » à lampes à chauffage indirect est de 40 à 80 mA sous 250 volts.

278. — Alimentation haute tension par tous secteurs. — Lorsque le poste à lampes à chauffage indirect devra pouvoir aussi

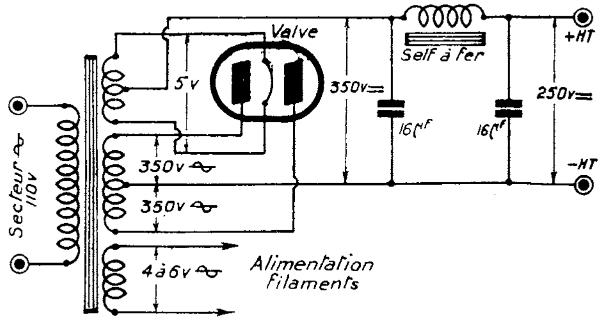


Fig. 236

Schéma de l'alimentation complète : basse tension et haute tension d'un poste à lampes à chauffage indirect, à partir du secteur électrique alternatif.

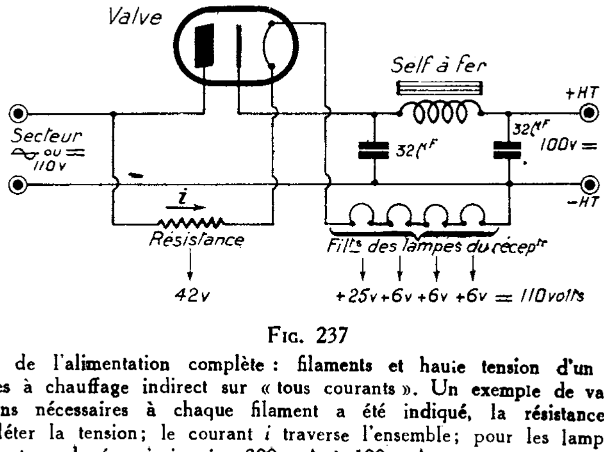


Fig. 237

Schéma de l'alimentation complète : filaments et haute tension d'un poste à lampes à chauffage indirect sur « tous courants ». Un exemple de valeur des tensions nécessaires à chaque filament a été indiqué, la résistance sert à compléter la tension; le courant *i* traverse l'ensemble; pour les lampes généralement employées ainsi : $i = 300$ mA à 100 mA.

fonctionner sur secteur à *courant continu*, il est impossible de placer un transformateur d'alimentation, le transformateur par son principe ne pouvant servir qu'en courant alternatif.

Pour cette raison, les postes dits « tous courants » font appel simplement à une valve monoplaque qui redresse directement le courant alternatif à la tension du secteur (110 volts généralement) et, si le courant est continu, laisse passer celui-ci quand le sens de branchement de la prise au secteur est convenable (+ à +, — à —). La tension continue disponible pour les plaques est par suite limitée à une centaine de volts.

Un filtrage avec une self à faible résistance et surtout des condensateurs de forte capacité régularisent le courant.

Pour les filaments, on choisit des lampes à chauffage indirect demandant une même intensité de chauffage, et on place tous les filaments en série, on ajoute une résistance chutrice de tension si c'est nécessaire, et on branche directement l'ensemble sur la tension du secteur. La figure 237 donne ainsi le schéma d'une alimentation complète « tous courants ».

3° LES POLARISATIONS

Les grilles des lampes amplificatrices nécessitent souvent une polarisation négative (voir paragraphe 249). Les lampes amplificatrices haute fréquence ne demandent qu'une polarisation très faible (2 ou 3 volts), parfois même on s'en passe pour les lampes batteries. Les

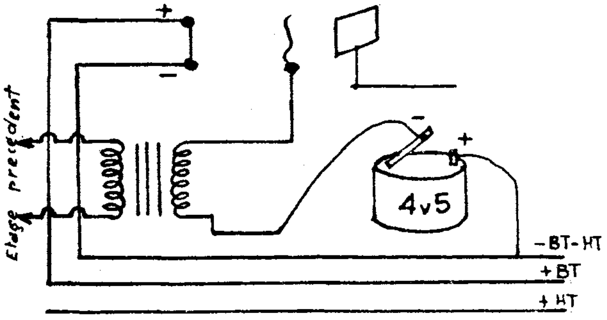


Fig. 238

Polarisation négative par pile de la grille d'une lampe basse fréquence.

lampes montées en détectrice grille ne demandent aucune polarisation, nous l'avons vu (au contraire, le circuit grille fait retour sur le + BT).

Ce n'est que pour les lampes amplificatrices basse fréquence qu'une polarisation négative assez importante est utile.

Elle peut être de l'ordre de 0 à 18 volts pour les lampes « batteries » (chauffage direct) ; de l'ordre de 6 à 25 volts pour les lampes « secteur » (chauffage indirect), suivant les types.

279. — Polarisation des lampes batteries : par pile. — Les quelques volts (4 à 18) à appliquer négativement aux grilles des lampes basse fréquence le seront généralement, en lampes batteries, par *pile*.

Le + de la pile sera réuni au pôle — de la source basse tensior (chauffage du filament) ; *le pôle — de la pile sera réuni à la base du circuit grille*. Ainsi la grille sera négative d'autant de volts par rapport au filament qu'en donne la pile (schéma fig. 238).

La pile n'a aucun courant à fournir, et son usure sera donc nulle en principe (conservation en bon état douze mois au moins).

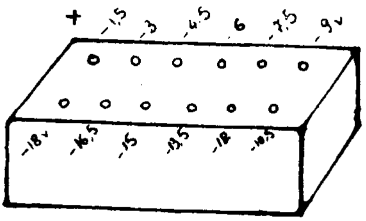


FIG. 239
Exemple d'une pile à prises multiples pour permettre la polarisation négative entre —1 v. 5 et —18 volts.

280. — Polarisation des lampes à chauffage indirect : polarisation automatique par résistance. — Les lampes à chauffage indirect ont permis la polarisation automatique : pas de piles de polarisation. Toutes les amplificatrices HF comme BF, ont leur polarisation exacte et personnelle.

Dans ces lampes, les électrons partent, non du filament chauffant, mais de la cathode qui est indépendante électriquement. La polarisa-

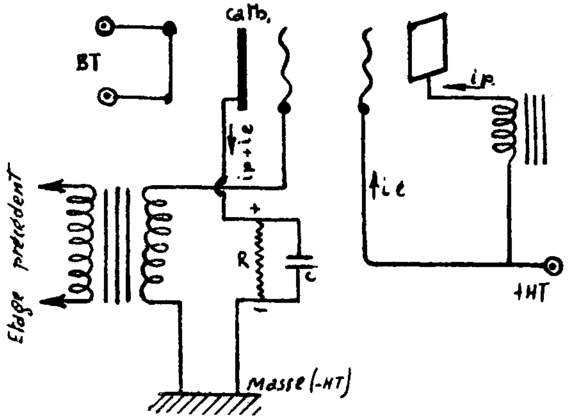


FIG. 240
Polarisation négative automatique de la grille d'une lampe à chauffage indirect : R est calculée pour les courants de la lampe (valeurs courantes : de 100 à 5.000 ohms). C. aura 0,1 μF en HF et 20 μF en BF.

tion consiste à rendre la grille plus négative que la cathode; on peut aussi bien réunir le circuit grille à la masse du châssis (— HT) et rendre la cathode *positive* par rapport à la masse, donc à la grille. Le résultat est le même.

Comme la cathode reçoit le courant plaque et aussi les courants des écrans, s'il y en a, *il suffit de placer une résistance entre la cathode et la masse* (— HT) et les courants y provoqueront la chute de tension recherchée.

EXEMPLE : Lampe basse fréquence EL3; polarisation à réaliser : 6 volts. Courant plaque : 34 mA; courant d'écran : 6 mA. On place entre cathode et masse une résistance de 150 ohms; elle sera parcourue par $36 + 4 = 40$ mA. Chute de tension : $150 \times 0{,}040 = 6$ volts.

Mais afin que la tension soit fixe et ne soit pas affectée par les variations du courant plaque (HF ou BF), *il faut placer en parallèle un condensateur de valeur suffisante :* 0,1 µF en haute fréquence, 10 à 50 microfarads en basse fréquence (schéma fig. 240).

4° LES TENSIONS DES ÉLECTRODES AUXILIAIRES

Les tensions des deuxièmes grilles des bigrilles, des écrans des lampes à grille écran ou penthodes, sont en général inférieures à la tension plaque. D'autre part, certaines lampes (bigrilles — détectrices grille) demandent une tension plaque moins élevée que les autres lampes du récepteur. Nous allons préciser les moyens pratiques de les alimenter.

281. — Prises intermédiaires sur les batteries. — Les batteries haute tension d'éléments de piles ou d'accus sont montées en série; exemple, 80 éléments de 1,5 volt fournissent 120 volts. Si l'on réalise une connexion avec le pôle positif du 40e élément, on y trouvera une tension de $40 \times 1.5 = 60$ volts.

Ce procédé est employé pour les tensions inférieures à la haute

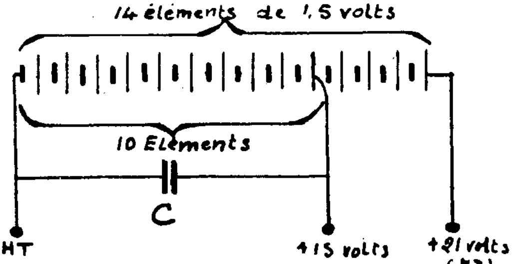


FIG. 241
Exemple de prise intermédiaire sur une batterie pour donner une tension auxiliaire. C est facultatif (0,1 à 2 µF).

tension chaque fois que la source HT est une batterie de piles ou une batterie d'accus (fig. 241).

Il n'y a pas nécessité, mais il y a intérêt (stabilité de la réception) à placer entre ce pôle intermédiaire et le — HT un condensateur qui livre passage aux oscillations (0,5 à 2 μF).

282. — Tension auxiliaire par résistance chutrice avec condensateur de découplage. — *On provoque une chute de tension entre le + HT et l'électrode à alimenter, en les reliant par une résistance, le courant demandé par l'électrode détermine la valeur de cette résistance.*

EXEMPLE : Source haute tension (redresseur) : 250 volts. L'écran d'une penthode demande 70 volts et le courant d'écran à cette tension est de 6 milliampères.

Résistance à placer :

$$\frac{250 - 70}{0{,}006} = \frac{180}{0{,}006} = 30.000 \text{ ohms.}$$

Mais le courant demandé par l'électrode écran étant affecté de variations HF ou BF, *on place entre l'écran et la masse un condensateur dit de découplage qui stabilise la tension* en livrant passage à l'oscillation (fig. 242).

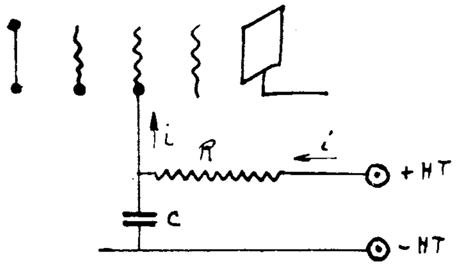


FIG. 242

Tension obtenue par résistance chutrice de tension. R est calculée d'après le courant *i* qui la traversera. C = 0,1 μF en HF, 0,5 à 2 μF en BF.

Ce condensateur C aura 0,1 μF pour un étage haute fréquence, 0,5 à 2 μF pour un étage basse fréquence.

283. — Tension auxiliaire par pont de résistances avec condensateur de découplage. — Cette méthode a sur la précédente l'avantage de provoquer dans la résistance placée entre l'électrode et le + HT un courant continu supplémentaire qui rend la tension encore plus stable : valeur bien fixe; en effet, *une deuxième résistance entre l'électrode et le + HT ouvre un chemin au passage d'un courant dont la valeur dépend du total des deux résistances* (fig. 242 *bis*).

EXEMPLE : Source haute tension : 250 volts; l'écran d'une lampe demande 120 volts, et le courant d'écran à cette tension est de 1.5 milliampère.

On veut ajouter à ce courant un courant supplémentaire (i_s) d'une valeur de 5 milliampères, afin de rendre la tension plus indépendante du courant d'écran.

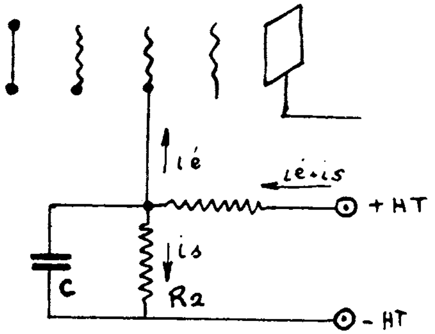


FIG. 242 *bis*.

Tension obtenue par pont de résistance R_1 et R_2 calculées d'après le courant demandé et d'après le courant supplémentaire entre +HT et —HT établi par le chemin R_1+R_2. C = 0,1 MFd en HF, 0,5 à 2 MFd en BF.

Chute de tension dans R_1 : $250 - 120 = 130$ volts.
Courant dans R_1 : $I_e + I_s = 1,5 + 5 = 6,5$ mA.

Valeur de R_1 : $\frac{130}{0,0065} = 20.000$ ohms.

Chute de tension dans R_2 : $250 - 130 = 120$ volts.
Courant dans R_2 : I_s seul : 5 mA.

Valeur de R_2 : $\frac{130}{0,005} = 26.000$ ohms.

En réalité, ce calcul est légèrement faussé, car la résistance R_2 a en parallèle sur elle la résistance existant dans le tube entre écran et cathode. Mais on peut négliger cela et prendre les valeurs données par le calcul ci-dessus qui donneront la tension d'écran cherchée à 10 % près.

Un condensateur de découplage entre l'électrode et le — HT supprime toute partie variable due aux oscillations (HF ou BF) confiées à la lampe. C, comme dans le cas précédent, est égal à 0,1 μF pour la HF, et 0,5 à 2 μF pour la BF. C'est la méthode du pont de résistances que nous avons préconisée dans notre étude de la lampe à grille écran (paragraphe 264) afin d'obtenir une tension parfaitement fixe.

283 *bis*. — Tensions auxiliaires par tubes régulateurs à gaz stabilovolts. — La technique moderne réalise des tubes contenant un gaz à faible pression. Une différence de potentiel continue (300 volts par exemple) étant appliquée entre 2 électrodes principales, l'ionisation du gaz permet à un courant de passer dans le tube. L'effet suivant se produit : si la tension augmente (dans une certaine limite) la résistance du tube augmente et le courant reste sensiblement constant. On dispose des électrodes intermédiaires sur lesquelles on peut prendre des tensions intermédiaires (comme sur un potentiomètre ou pont de résistances) et ces tensions restent stables, même si l'alimentation est faite à partir d'un réseau électrique de tension capricieuse. On peut améliorer encore la stabilité en employant un transformateur d'entrée dont le fer est saturé par le champ magnétique, ce qui produit aussi une auto-régulation en cas de variations de la tension.

283 *ter*. — Alimentations stabilisées par tubes à vide. — *Les variations de tension* des secteurs électriques ou à la sortie des groupes électrogènes engendrent des variations de la tension H T redressée, qui occasionnent des troubles dans les appareils alimentés : récepteurs superhétérodynes dont l'oscillatrice locale, en ondes courtes, « glisse » en fréquence, d'où déréglage et nécessité de retoucher les commandes du récepteur pour maintenir le trafic; émetteurs sans quartz dont la fréquence de porteuse varie; émetteurs avec quartz dont les étages de puissance surmodulent la porteuse de variations ou ronflements apportés par leur alimentation; appareils de mesure dont l'étalonnage est faussé par une tension d'alimentation différente, etc... De même, les *variations du courant demandé* par l'appareil alimenté font en principe varier la tension délivrée.

Les tubes régulateurs à gaz et les transformateurs saturés étudiés ci-dessus (paragr. 283 *bis*) maintiennent suffisamment constantes les tensions pour les appareils O.C. mais en O.T.C. (ondes métriques) et surtout en ondes métriques et décimétriques (récepteurs de radar par exemple), il faut pousser plus loin la stabilité et ne pas tolérer des variations de + ou — 0,1 volt par exemple sur une tension de 1.000 volts, quoique le secteur varie de 15 %.

On obtient une stabilité de cet ordre (qui supprime en même temps les ronflements dus à un filtrage imparfait) en faisant commander le débit du redresseur d'alimentation par des tubes triodes ou tétrodes dont la grille reçoit une tension de correction.

Le principe est donné en nouvelle fig. 243.

La tension redressée par valve et grossièrement filtrée par self et condensateurs (10 henrys et 2 × 8 µF) doit traverser un autre tube, de plaque à cathode. Mais ce tube au lieu d'être une valve diode comporte des grilles. C'est une triode 6 A 3 ou une tétrode 6 L 6 (dans ce cas, débit max. de l'installation 60 mA). Mais on peut mettre deux tubes semblables en parallèle en insérant des résistances dans les connexions de chaque écran et de chaque grille.

La tension appliquée à la grille de ou des lampes débitrices stabilisatrices réglera le débit permis, et par suite la tension aux bornes de sortie. Or cette tension de sortie, grâce au pont R_1 R_2 est appliquée pour une part à la grille d'un tube amplificateur. Toute variation de la tension de sortie fait varier cette tension de grille, et la lampe amplifiant (de 100 à 300 fois selon ses résistances de plaque et écran), la variation est amplifiée et, prise dans le circuit plaque, elle est appliquée à la grille de la lampe débitrice.

Toute augmentation de la tension de sortie détermine par ce jeu l'apparition d'une tension négative plus forte sur la grille G_s de la lampe débitrice, ce qui

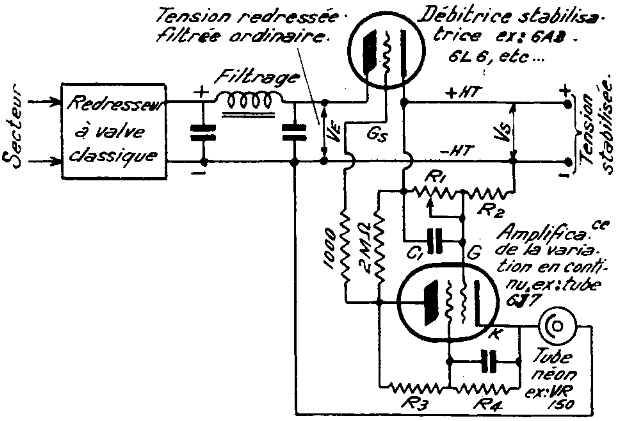


Fig. 243

Schéma de principes de l'alimentation stabilisée à tubes à vide.

modère immédiatement la tension de sortie; un équilibre de la cause et de son effet en sens contraire à elle-même aboutit à la stabilisation de la tension. Pour une diminution de la tension de sortie, l'effet aurait été une augmentation de tension obtenue : même effet de stabilisation.

Il faut que le tube amplificateur de la variation de sortie ait sa cathode portée à un potentiel suffisamment fixe pour qu'il serve de base sûre aux variations enregistrées par la grille; c'est pourquoi il a son potentiel fixé par un tube à gaz (V R 150) en série dans un pont R_3 R_4 entre + et — HT.

Seul défaut de l'équipement : étant donné les 100 à 150 volts nécessaires à la cathode du tube amplificateur de variation et dont il faut tenir compte pour les autres tensions du tube, il faut fournir une tension d'entrée V_E de l'ordre de 500 volts pour obtenir une tension de sortie stabilisée V_S de 300 volts.

TROISIÈME PARTIE

TECHNOLOGIE

L'étude élémentaire de l'Electricité Générale et de la Théorie de la Radioélectricité faite dans les deux premières parties de cet ouvrage, a été conduite de façon pratique : chaque phénomène, comme chaque loi, ont été considérés toujours dans leurs conséquences.

D'où une connaissance des circuits fondamentaux qui va servir de base à cette dernière partie de l'ouvrage : pratique des appareils (donc connaissance de leurs circuits réels, de leurs organes et de leur réglage), pratique des installations, pratique de l'écoute et de l'émission, pratique du dépannage... Ainsi le Radio doit devenir véritablement *technicien;* ainsi, lorsqu'il sera lecteur ou manipulant, il sera un rouage *intelligent* de l'ensemble et pourra en assurer le contrôle, si besoin est.

TRENTE-CINQUIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DE L'ÉMISSION

Les émetteurs de trafic (Radiotélégraphique ou Radiotéléphonique) sont *des stations mobiles* (à bord de voitures dans l'armée de terre et l'armée de l'air, à bord d'avions, à bord de chars de combat, à bord de navires de guerre, de navires marchands ou chalutiers) parfois *portatives* (émetteurs-récepteurs de liaison à l'intérieur d'une unité (O.T.C.) et sont parfois aussi des stations semi-fixes pour les postes de commandement et les stations côtières de la marine; les stations émettrices à grande puissance de Radiodiffusion ou de trafic officiel ne sont que des réalisations à grande échelle sur les mêmes principes que les émetteurs à petite et moyenne puissance des postes mobiles ou semi-fixes. Les appareils portatifs d'une puissance-antenne de 5 à 20 watts, aussi bien que les stations mobiles de plusieurs centaines de watts des avions ou sur camionnettes, et que les stations de navires de 500 à 1.500 watts-antenne, seront ici décrites.

Nous allons étudier les diverses classes d'émetteurs, y compris les plus modernes, non seulement les stations de trafic pilotées, formule désormais acquise définitivement, et le cas échéant, contrôlées par quartz, mais aussi les stations à émetteurs modulés en fréquence, que les Alliés ont mis en service à la fin de la guerre et dont nous avons déjà posé les principes dans notre partie théorie (paragraphes 224 *bis* et 242).

Les émetteurs peuvent, soit être des appareils distincts et indépendants, soit être accouplés à des récepteurs, l'alimentation et plusieurs circuits pouvant même dans ce cas être communs à l'émetteur et au récepteur.

Chaque catégorie d'émetteur va être analysée ici, la mise en service sera plus spécialement considérée dans une des leçons suivantes (42e leçon).

1° EMISSION SUR ONDES AMORTIES

284. — Ce qu'était le poste émetteur à étincelles. — Les premières liaisons radiotélégraphiques furent établies à l'aide d'ondes amorties, les seules que l'on fut capable de créer. Les postes d'émissions à étincelles ont équipé pendant plusieurs dizaines d'années tous les navires; puis ils furent relégués au rang de postes de secours, pour disparaître finalement.

Ainsi, le poste émetteur d'avion K12, qui, alimenté par l'alternateur Y, à fer tournant, fut, en 1919, une dernière réalisation en postes à ondes amorties. C'est cet appareil que nous avons considéré au paragraphe 232 pour étudier la théorie du fonctionnement.

L'appareil se présentait en trois parties distinctes : 1° l'alternateur placé sous l'aile de l'avion avec l'éclateur à étincelles tournant, le manipulateur étant inséré dans l'une des connexions de branchement; 2° l'émetteur proprement dit jusqu'à la borne A où se branche le système « antenne »; 3° l'antenne se déroulant sous l'avion avec, dans son branchement, le « variomètre » permettant son accord.

CONSTITUTION. — Voici les différents éléments (fig. 244).

Y : *alternateur* à fer tournant (type Y) placé sous l'aile de l'avion et mû par une hélice; son fonctionnement a été étudié en électricité au paragraphe 187; il fournit une tension à une fréquence relativement basse : 900 périodes/seconde, en tournant à 75 tours par seconde.

M : *manipulateur* découpant l'émission en traits et points selon la manœuvre de l'opérateur;

R : *résistance du manipulateur* pour éviter les étincelles de rupture lorsqu'il se relève;

BT : enroulement primaire du *transformateur* (basse tension);

HT : enroulement secondaire donnant la haute tension;

Ch : *self de choc* pour éviter le retour de la haute fréquence;

C : *condensateur du circuit oscillant* de 5/1.000 de MF, de 6 /1.000 lorsque, par la manœuvre de l'inverseur AB on lui ajoute 1./1.000 en parallèle, ce qui donne une deuxième longueur d'onde différente;

Et : *éclateur tournant* à douze dents qui tourne avec l'alternateur placé sur son

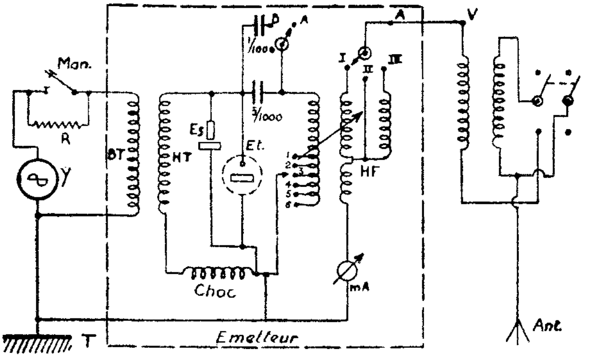


Fig. 244
Schéma du poste d'émission à étincelles (ondes amorties) pour avion, type K 12, l'un des derniers types d'émetteur à ondes amorties qui fût employé.

arbre hors de l'émetteur et relié à celui-ci par câbles sous blindage métallique; l'étincelle jaillit à chaque dent, donc, automatiquement à chaque alternance du courant d'alimentation ($12_{(\text{dents})} \times 75_{(\text{tours-seconde})} = 900$ fois à la seconde);

Es : *éclateur de secours* bien plus écarté que l'éclateur tournant, et ne fonctionnant pas normalement; mais si l'éclateur tournant, bloqué par exemple entre deux dents ne fonctionnait pas, une étincelle jaillirait à l'éclateur de secours pour décharger le condensateur dont la tension aurait dangereusement augmenté.

L : *self oscillatrice* à prises pour réaliser, par le déplacement de la prise, six longueurs d'ondes différentes;

HF : *circuit de couplage de l'antenne*, où, grâce à un commutateur, trois enroulements d'importance différente pouvaient être choisis de façon à les adapter à la longueur d'onde sur laquelle avait été réglé le circuit oscillant.

V : « *variomètre* » qui est une self variable; en effet, par la manœuvre de l'inverseur à couteaux qui y est placé, les deux bobinages peuvent être mis soit en parallèle (self faible), soit en série (self forte); de plus, l'une des bobines se déplace par rapport à l'autre à l'aide d'un bouton de réglage, ce qui permet de faire varier la self progressivement d'une valeur minimum à une valeur maximum (maximum de couplage) pour chacun des deux branchements déterminés par l'inverseur. On pouvait ainsi augmenter à volonté la longueur d'onde propre de l'antenne et la mettre en résonance sur la longueur d'onde émise.

mA : un *milliampèremètre* thermique qui, indiquant le courant HF dans le circuit d'antenne (voir paragraphe 228), permettrait de savoir si l'accord de l'antenne répondait à la longueur d'onde du circuit oscillant.

Ant. : *antenne*, un fil de 100 mètres de long que l'on déroulait sous l'avion.

T : *terre*, ici, la masse métallique de l'avion.

ACCORD. — Les six prises et les deux changements de valeur du condensateur (5 ou 6/1.000), donnaient douze longueurs d'ondes fixes. On adaptait le réglage du couplage d'antenne à ces longueurs d'onde. Pratiquement, *le choix de la longueur était fait avant l'envol*, et il ne restait qu'à régler au mieux le bouton du variomètre pendant le vol, aussitôt l'antenne déroulée, de façon à obtenir le maximum de déviation au milliampèremètre, le manipulateur étant en contact.

Le support de la self L était légèrement orientable pour pouvoir modifier le couplage du transformateur HF pour améliorer la synthonie (émission sur une fréquence bien unique).

USAGE. — Il était employé pour la liaison air-sol et aussi pour l'émission de renseignements par une base météorologique.

Dans la liaison air-sol, l'avion ne possédait que cet émetteur. Le

sol (batterie d'artillerie par exemple) recevait sur un récepteur simple, (1 lampe détectrice, suivie de lampes basse fréquence, toutes bigrilles, alimenté par piles). L'avion n'ayant pas de récepteur recevait la réponse grâce à des panneaux de toile blanche disposés sur le sol suivant le code prévu.

De pareils procédés n'ont naturellement pas survécu aux méthodes de guerre modernes, et toutes les liaisons avion-artillerie sont aujourd'hui assurées par radio dans les deux sens, sur ondes très courtes depuis le début de la guerre 1939-1945.

La marine utilisa les postes émetteurs à étincelles de 1905 à 1917, jusqu'à l'apparition des émetteurs à ondes entretenues. Ce sont les ancêtres de la radiotransmission.

2° EMISSION SUR ONDES ENTRETENUES SANS PILOTE. (pas d'ampli HF) ET SANS CONTROLE QUARTZ

Nous verrons que les émetteurs à moyenne puissance utilisés maintenant appliquent le principe des émetteurs puissants de Radiodiffusion : un étage oscillateur peu puissant dit *pilote*, suivi d'étages amplificateurs HF qui transmettent le signal au circuit rayonnant (antenne-terre de l'émetteur).

Inconvénients majeurs : l'oscillateur n'étant pas contrôlé par quartz, la fréquence émise n'était pas stable et elle était modifiée par la longueur de l'antenne.

Les émetteurs à puissance réduite se contentant d'attaquer directement le circuit antenne-terre à partir de l'étage oscillateur lui-même sont rares maintenant; la puissance rayonnée, dans ces montages d'il y a quelques années, était recherchée par une augmentation de puissance de l'étage oscillateur, sans que l'on cherche à faire de l'amplification HF.

Les émetteurs classiques étaient donc alors composés uniquement d'un oscillateur. Nous allons les étudier rapidement, en considérant surtout que le maître oscillateur des émetteurs à amplification HF utilisé maintenant (paragr. 288 à 290) est conçu comme l'oscillateur unique des émetteurs ci-dessous.

285. — Lampes oscillatrices. — *Les lampes employées en oscillatrices sont :*

— *soit du type triode*

— *soit du type penthode ou lampe écran, à pente fixe.*

Les montages à lampes écran ou penthodes sont les mêmes que ceux à lampes triodes; il suffit d'alimenter l'écran à une tension environ égale à la moitié de la haute tension. Cette tension est fixée par exemple par le point milieu d'un pont de résistances placé entre + et — HT comme dans les schémas de lampes amplificatrices des figures 221 et 224 (32e leçon : lampes à électrodes multiples).

Parfois l'écran de la lampe oscillatrice sert à injecter la modulation, nous verrons ce cas dans l'étude des procédés de modulation (paragraphe 296).

Les lampes écran ou penthodes permettent souvent une puissance un peu plus élevée, et un meilleur rendement, leur *pente* étant plus forte. Les triodes sont seules employées pour les oscillations sur ondes métriques (1 m à 2 m de longueur d'onde), car le temps de parcours des électrons est trop long dans une lampe penthode, par rapport à la très haute fréquence de l'oscillation. Les lampes-glands (étudiées paragr. 226 *bis*) sont utilisées en oscillatrices sur ondes très courtes (types 955 ou 4671).

Que ce soit *triodes* ou *lampes écran* ou *penthodes*, les lampes oscillatrices des émetteurs classiques sont des lampes *de puissance*. On retrouve donc parfois en oscillatrices HF des lampes de puissance BF finales (EXEMPLE : types américains 10 et 50, tous deux triodes - types 6L6 tétrodes). Mais des types spéciaux pour oscillation HF, également tubes de *puissance*, mais à capacités internes réduites et pente élevée sont aussi réalisés (807, 832, 834, PE 06/40, etc...).

Le *chauffage* des lampes oscillatrices peut être direct ou indirect. La nature de la source d'alimentation et aussi la puissance du montage en décident.

Les émetteurs en campagne, très portatifs qui équipent les compagnies et batteries et sont alimentés par piles ou accus fer-nickel, utilisent des lampes à filament chauffage direct (sous 1,4 volts, 2 volts ou 6 volts).

Les émetteurs de bord (navires et avions) utilisaient d'abord des lampes à chauffage direct, mais pour pouvoir utiliser des lampes moins fragiles et aussi une plus grande indépendance des circuits vis-à-vis de l'alimentation BT, les types à cathodes (chauffage indirect) ont été de plus en plus employés, sauf dans certains étages amplis de puissance HF. Les accumulateurs 6, 12 ou 24 volts chauffent ces lampes à chauffage indirect. Les grands progrès des cathodes depuis 1936 ont permis ce perfectionnement. En effet, le courant de chauffage des lampes à chauffage indirect est passé en quelques années de plusieurs ampères à quelques dizièmes d'ampère.

Les postes émetteurs des voitures automobiles radio utilisent aussi désormais des lampes à chauffage indirect, nous verrons les dispositifs d'alimentation au cours de la 41ᵉ leçon de Technologie.

Les postes fixes des stations de trafic peuvent employer comme source de chauffage le secteur si celui-ci existe et les lampes secteur à chauffage indirect sont alors employées. Il leur est toujours possible de les chauffer par batteries sur des accus 6, 12 ou 24 volts, comme ceux des voitures, camions ou avions.

Conditions de fonctionnement des lampes oscillatrices. — Les principes du fonctionnement ont été considérés au cours de la 31ᵉ leçon.

Les *schémas* de lampes oscillatrices triodes, productrices d'ondes

entretenues sont donc exactement appliqués aux émetteurs, le paragraphe suivant (n° 286) nous montrera comment les différents schémas de principe étudiés dans la 31e leçon, se retrouvent dans les circuits des différents montages.

La puissance de la lampe est l'énergie dépensée dans le circuit plaque pendant une seconde : courant plaque $\times$ tension plaque.

EXEMPLE : Tension plaque : 350 volts; Ip : 60 mA; Puissance : $350 \times 0{,}060 = 19$ watts.

L'énergie HF développée dans l'antenne est une fraction de la puissance fournie à la lampe; exemple : une puissance de rayonnement de 6 watts peut être obtenue avec une lampe d'une puissance de 30 watts.

On chercha une puissance rayonnée plus élevée en mettant « en parallèle » plusieurs lampes triodes oscillatrices du même modèle : on réunit les grilles ensemble et les plaques ensemble, les circuits oscillateurs étant communs à toutes les lampes.

Ce dispositif fut couramment employé dans les montages émetteurs militaires et dans les postes de bord il y a quelques années; le rendement n'est pas merveilleux, car, si la puissance fournie est à multiplier par le nombre de lampes, la puissance HF rayonnée n'est pas exactement augmentée dans le même rapport (pertes HF plus élevées).

La solution des amplificateurs haute fréquence suivant un étage pilote n'était pas encore appliquée aux émetteurs de petite et moyenne puissance. A noter que dans les émetteurs modernes actuels à amplification HF, on utilise encore le montage de deux lampes en parallèle, mais pour l'étage amplificateur de puissance (le dernier avant l'antenne) et non pour l'oscillation qui n'a plus à être puissante.

Exemple : dans le Naviphone, appareil SFR pour chalutiers, voir par. 297 *bis* et dans l'émetteur Radio-Océan MR 303 de 50 watts-antenne, pour le trafic phonie A3 des navires, voir par. 292-1 *bis*.

Il y a lieu de noter que :

1° *Les lampes en parallèle doivent être du même type;*

2° *L'émetteur fonctionne encore si l'on enlève une ou plusieurs lampes, en en laissant au moins une,* mais la puissance est réduite d'autant, et les longueurs d'onde diffèrent légèrement pour un réglage donné. Il faut réaccorder les circuits.

Ces remarques sont importantes en pratique et permettent de continuer le trafic même si une des lampes en parallèle est défaillante.

286. — Les circuits oscillateurs : montage - bobinages employés - réglage de l'accord. — Les planches de la figure 245 donnent les schémas clairs d'émetteurs qui présentent un intérêt actuel du point de vue « études des circuits ». Ils se rattachent tous facilement aux schémas de circuits oscillateurs qui ont été étudiés (paragraphes 259 et 261).

Nous y donnons, à titre d'exemple de circuits, les schémas de postes émetteurs sans amplification HF qu'on peut encore rencontrer.

L'évolution de la technique est très nette : après les montages à nombreuses lampes en parallèle (lampes TM qui consommaient nota-

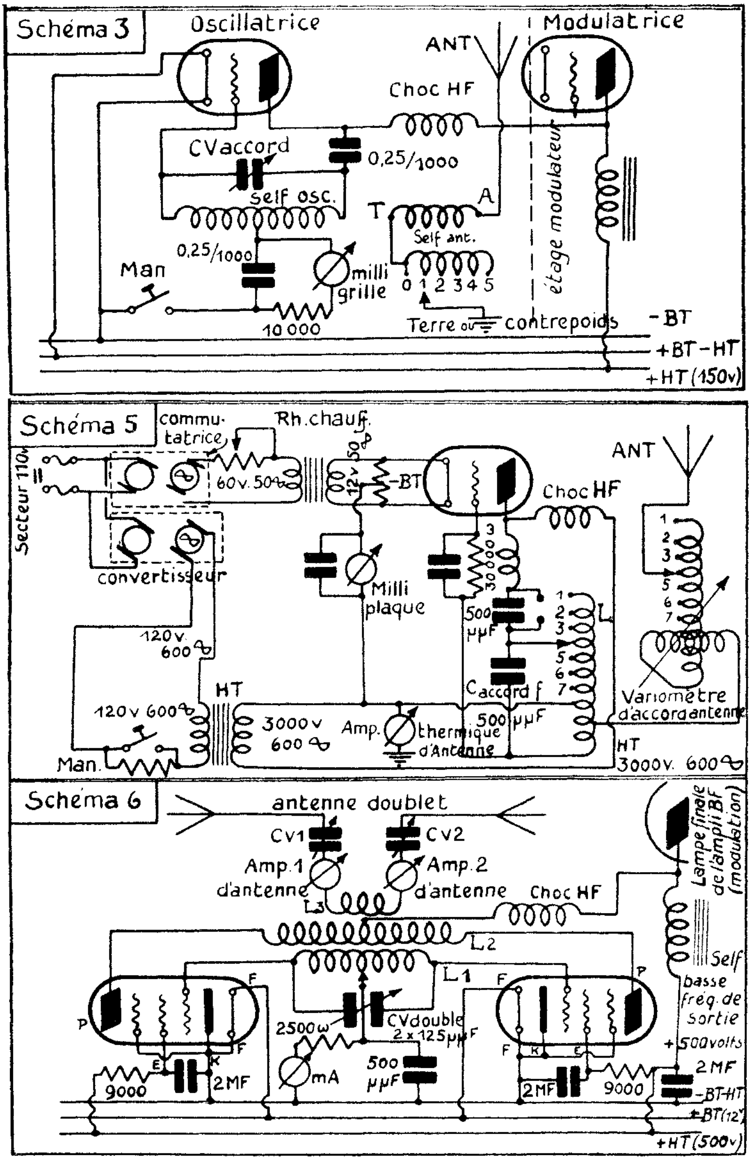


Fig. 245. — Schéma de montages émetteurs sans étage pilote et non contrôlés par quartz, employés sur des appareils de trafic en campagne. 3. Emetteur à une seule lampe oscillatrice, montage Hartley à circuit plaque en dérivation, gamme d'ondes : 50 à 120 m (ex-ER 22). — Schéma 5 : émetteur de bord B 41 K (marine marchande) à grande puissance d'alimentation, à oscillatrice triode, lampe unique travaillant à 3.000 volts plaque, montage en Hartley accordé par un condensateur fixe, accord de l'antenne sur l'onde émise par variomètre, émission en télégraphie modulée, l'alimentation HT étant faite en courant alternatif à 600 périodes/seconde fourni par un alternateur. — Schéma 6 : émetteur de trafic OC 40 watts à deux lampes montées en symétrique (montage type Mesny), circuit grille accordé, lampes penthodes oscillatrices pour OC, modulation par amplificateur BF amplifiant les sons d'un microphone. Gamme d'ondes : 10 à 60 mètres.

NOTE. — Ces émetteurs, sans ampli HF, restent présents dans notre 4[e] édition 1957 pour préparer à l'étude des émetteurs avec pilote et ampli HF.

blement) et qui travaillaient sur des longueurs d'onde élevées, les émetteurs utilisèrent de moins en moins de lampes et cependant obtinrent les mêmes portées, les longueurs d'onde devenant plus courtes. Parallèlement, l'encombrement des selfs des circuits oscillants diminua, les condensateurs variables d'accord eurent des valeurs maxima plus faibles (circuits à plus haute surtension, C étant petit), et les réglages se simplifièrent, un seul axe de CV étant à manœuvrer (commande unique).

Nous nous initions par les émetteurs non pilotés et non contrôlés par quartz; *les chapitres 289 à 292 nous montreront les solutions modernes.*

Nous désignons chaque schéma par un numéro de référence arbitraire.

Nous n'avons conservé ici que les schémas 3, 5 et 6, soit les montages ER 22 (premiers postes O.C. militaires). B41K ondes moyennes (Marine Marchande, en disparition) et du MESNY ondes courtes très apprécié dans les liaisons internationales des amateurs, et qui fut utilisé sur les récepteurs O.T.C. ER40 et ER41.

286-1 et **286-2.** — (Schémas 1 et 2 de l'ancienne édition, supprimés, postes périmés.)

Schéma 3. Ce montage, figure 245, équipement de l'appareil émetteur-récepteur ER22 était exactement celui d'un oscillateur Hartley à circuit plaque en dérivation dont nous avons étudié le principe en figure 216, au paragraphe 261.

Dans l'appareil représenté (fig. 245, schéma 3), une seule lampe oscillatrice équipe les circuits. Il y a lieu de remarquer que le courant plaque de cette lampe sera affecté par les variations du courant plaque d'une lampe dite « modulatrice ». En effet, c'est par ce moyen que l'onde sera modulée en radiotéléphonie ou en radiotélégraphie modulée; nous reviendrons sur ce point au paragraphe 295.

BOBINAGES. — La gamme de 60 à 120 mètres, donc « ondes courtes » est couverte par un seul jeu de selfs L_1 et L_3 placées dans un boîtier fixe dans l'appareil : pas de changements à effectuer. Mais la self d'antenne L_2 doit être accordée pour la longueur d'onde à émettre : six positions sont possibles (de 0 à 5) grâce à une manette à 6 plots placée à côté du boîtier et que l'on atteint en faisant basculer le panneau avant de l'appareil.

RÉGLAGES. — Un ondemètre à absorption (voir théorie paragraphe 211) placé dans un tiroir est à régler exactement sur la longueur d'onde choisie, la graduation correspondante étant indiquée sur le tableau d'étalonnage. La manette à plots de la self d'antenne est placée dans la position indiquée par ce même tableau.

La manœuvre du condensateur variable d'émission détermine en un point précis une déviation minimum du milliampèremètre mA. C'est le point de réglage de l'émetteur. Si le point n'est pas précis, on sort

un peu plus le tiroir de l'ondemètre, et on recommence la manœuvre du condensateur variable. Le réglage effectué, on met l'ondemètre hors service en plaçant son commutateur sur la position « Travail » ; l'émetteur est prêt à travailler.

286-4. — (Schéma 4 de l'ancienne édition, supprimé, poste périmé.)

Schéma 5 (fig. 245-5). Cet émetteur fut un poste de bord, employé en Marine Marchande (série des B41 K). Nous avons là un montage beaucoup plus puissant que celui des postes de trafic en campagne, mais le schéma reste celui d'une triode montée en Hartley de façon classique. On peut comparer directement le schéma 5 au schéma de principe figure 216 que nous avons étudié en théorie à la 31e leçon. Mais ici la triode est une lampe de grande puissance; avec une tension allant jusqu'à 3.000 volts plaque, on peut obtenir une puissance HF de sortie de 300 à 1.000 watts, selon le type de lampe utilisé.

La lampe oscillatrice — unique — est montée à l'air libre, pour obtenir un refroidissement suffisant, les puissances mises en jeu étant élevées. Le schéma 5 représente un émetteur dont la lampe demande à la plaque 1 kilowatt-alimentation, soit un courant efficace de 350 milliampères sous 3.000 volts. Ce courant est alternatif à 600 périodes, l'émission est donc automatiquement modulée à 600 périodes/seconde, ce qui fixe à la fréquence musicale 600 le son des signaux émis en télégraphie.

Ces puissances imposent non seulement un montage très aéré du poste, dont les organes sont suspendus dans un meuble de 1 m. 50 de hauteur, mais aussi un isolement particulier des organes. C'est ce qui impose l'accord du circuit oscillant par un condensateur fixe par exemple (et non variable). C'est ce qui fit employer une lampe à sorties grille et plaque par deux cornes placées chacune à un bout de l'ampoule, ce qui limite considérablement les pertes HF tout en évitant les défauts d'isolement dans un culot devenu inutile.

BOBINAGES. — Une self unique, volumineuse est formée d'une hélice en tube de cuivre. Des prises permettent de prendre sur cette self : 1° à peu près à la moitié de l'enroulement le branchement du retour vers le BT (point milieu du chauffage) qui est le potentiel « zéro » de tout le montage; 2° près de la prise retour BT se trouve la prise d'antenne. Une faible partie de l'enroulement sert donc de self d'antenne, commune à l'enroulement oscillateur; 3° sept prises réparties en fin d'enroulement permettent par le branchement d'une fiche de fixer la longueur totale de la self d'après la longueur d'onde à émettre (gamme des ondes de Marine Marchande, de 550 à 750 mètres, une prise correspondant à l'onde de veille de 600 mètres). En effet, le condensateur de ce circuit accordé est un condensateur *fixe* de 500 $\mu\mu F$, parfaitement isolé, pouvant supporter sans claquage ni pertes 3.000 volts eff. HF.

Dans le circuit d'antenne, un autre groupe de selfs forme variomètre : sept prises permettent d'adapter la longueur de self à l'onde transmise à l'antenne par l'oscillateur; et l'accord précis de l'antenne est ensuite obtenu par réglage du variomètre (un bobinage tourne par rapport aux autres et modifie ainsi le coefficient de self de l'ensemble).

Le retour du circuit oscillateur vers le — se fait par un milliampèremètre, celui-ci indique donc le *courant-grille* de la lampe. Le courant plaque est absent du circuit oscillateur, celui-ci étant monté en dérivation, grâce à la self de choc HF du circuit plaque et au condensateur de 500 μμF qui dérive la HF vers lui. Ce dernier condensateur supporte toute la tension 3.000 volts à 600 périodes appliquée à la plaque; il est donc à grand isolement, et de plus un « éclateur-limiteur de tension », constitué par 2 boules de cuivre fait jaillir une étincelle de décharge si la surtension devient dangereuse.

RÉGLAGES. — Les sept prises de la self oscillatrice donnent l'accord sur sept longueurs d'onde échelonnées dans la gamme 550/700 mètres. L'existence de l'oscillation est contrôlée par la déviation du milliampèremètre de grille qui sans cela resterait à zéro (voir paragraphe 287). Cette longueur d'onde étant émise, on accorde l'antenne sur elle, d'abord en branchant la self principale du variomètre sur la prise dont le numéro correspond à celui de la prise de l'oscillatrice, puis en réglant lentement le variomètre par le bouton de rotation des selfs. L'accord précis est obtenu quand l'ampéremètre dit « *d'antenne* » placé dans le retour du circuit antenne-terre indique le maximum de courant (HF).

Schéma 6 (fig. 245-6). Nous revenons à un montage de puissance plus réduite, mais moderne. C'est un montage ondes courtes du type *symétrique* (Commandant Mesny) utilisé pour la liaison O. C.

Une puissance HF *de sortie* de 40 watts est obtenue facilement grâce aux 2 lampes montées en opposition. La portée atteint facilement 350 km. sur 60 m. de longueur d'onde.

Note : Le récepteur O.T.C. ER 40 pour liaisons à l'intérieur des unités de combat était du type symétrique « Mesny », mais en faible puissance.

Le montage permet une oscillation très stable, et une grande réduction des pertes HF, car les capacités internes se trouvent montées en série. Les lampes travaillent en opposition : la self de grille est commune avec point médian vers la masse; lorsqu'une grille reçoit l'alternance positive, l'autre grille reçoit l'alternance négative. Dans le circuit plaque, les tensions HF pareillement opposées se développent dans une self commune, dont le point médian relié au + HT permet de réaliser une nouvelle opposition. Les tensions HF induites dans la troisième self L_3 sont donc la totalisation des tensions développées à chaque plaque.

Les deux lampes totalisent donc leurs effets. Les lampes ici employées sont des penthodes de puissance à chauffage indirect spéciales

pour émission (capacités internes réduites). Pour le montage et les tensions indiquées, les lampes OS 12/500 Tungsram par exemple sont convenables. Elles fonctionnent avec 500 volts plaque; l'oscillation stable et la plus ample est obtenue avec — 40 volts aux grilles; c'est le courant continu de grille qui crée ces 40 volts par chute de tension dans la résistance de 2.500 ohms. Les écrans sont alimentés à 200 volts à partir du + 500 grâce aux résistances des 9.000 ohms avec découplage par 2 µF.

Pour servir en radiotéléphonie, il suffit que la tension plaque soit variable à la fréquence BF des sons à transmettre. Au lieu d'être alimentées directement au + HT, les plaques le sont par le circuit de la lampe finale de l'amplificateur BF de modulation. Nous étudierons cette question au paragraphe 296 du cours.

BOBINAGES. — Trois selfs concentriques en tube de cuivre rouge enroulées en hélice portées par des colonnettes de stéatite réalisent les enroulements L, L_2 et L_3. L_3 a le plus grand diamètre et ne comporte qu'une spire entourant L vers son milieu. L_2 est au contraire à l'intérieur de L_2, sans la toucher, bien entendu, les enroulements étant nus.

RÉGLAGES. — Le condensateur variable double est à 2 cellules de 125 µµF; l'axe commun des lames mobiles est donc relié à la masse par l'intermédiaire de la résistance de grille de 2.500 ohms et de milli de grille. Une seule manœuvre fait donc varier ensemble les deux cellules du Cv et accorde l'oscillateur sur la longueur d'onde à émettre. L'oscillation est vérifiée par la déviation du milli grille (voir paragraphe 287). Puis on adapte l'antenne, pour cela CV1 et CV2, deux petits condensateurs à air placés dans chaque branche de l'antenne doublet, accordent celle-ci au mieux sur la longueur d'onde créée par l'oscillateur. Il suffit de les régler de façon à ce que le courant lu à l'ampéremètre thermique d'antenne soit maximum.

On peut utiliser deux ampèremètres d'antenne thermiques, un dans chaque branche, placés rigoureusement au même endroit du brin montant à l'antenne et le plus près possible de la self L_3. On peut ainsi en accordant l'antenne par CV1 et CV2 s'efforcer d'obtenir deux maxima identiques à chaque ampéremètre.

Schéma 7. Emetteurs d'ondes très courtes sans ampli HF. — Ces émetteurs exploitent les qualités des ondes très courtes qui permettent une liaison sûre avec une très faible puissance (1 à 2 watts) ; la portée ne peut être supérieure à 10 km en terrain dégagé. Le rayonnement est presque semblable à celui de la lumière : les obstacles naturels (forêts, murs, etc...) le gênent; mais pour des liaisons à quelques kilomètres, ces émetteurs conviennent alors et le poste émetteur-récepteur est d'un encombrement très réduit et ne pèse que quelques kilos.

Nous donnons le schéma d'un émetteur-récepteur sur O.T.C. en figure 246 et d'un autre en figure 247 (ER41).

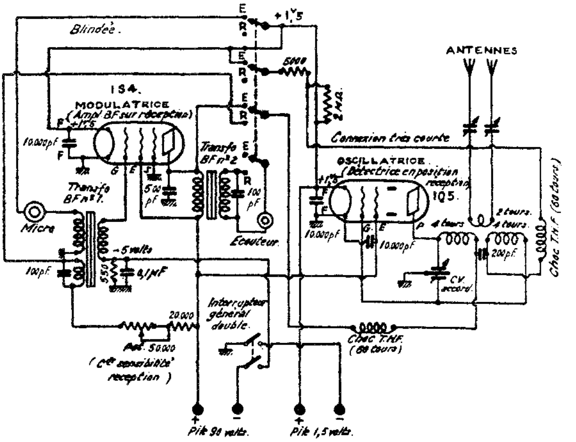


Fig. 246 (Schéma 7)

Schéma d'un émetteur sur ondes très courtes (5 à 7 m.). La lampe « modulatrice » amplifie le courant BF venu du microphone devant lequel on parle et fait varier la tension de plaque de l'oscillatrice triode; ainsi, l'onde créée par celle-ci est modulée. L'accord est réalisé par la self oscillatrice L_1 et le condensateur variable double CV placés entre grille et plaque (montage type Hartley adapté aux O.T.C); C_1 et C_2 accordent exactement l'antenne pour l'onde à émettre. Un dispositif duplex permet d'utiliser les mêmes circuits en réception. Le passage de réception à émission peut se faire automatiquement dès que le correspondant cesse de parler.

Le schéma est valable pour la réalisation de minuscules émetteurs-récepteurs portatifs qui tiennent dans la main. Dans ce cas, la penthode modulatrice peut être du type miniature 1S4 et la lampe oscillatrice du type miniature 1Q5 (tétrode) ou 1S4 (penthode). La pile de chauffage est donc de 1,5 volts seulement et la pile HT de 90 volts au maximum (60 volts suffisent au fonctionnement) Le transformateur de micro (N° 1) comprend deux enroulements primaires; l'un d'eux, lorsque le contacteur E.R. est sur réception, est attaqué par le circuit plaque de la lampe ex-oscillatrice, qui fonctionne comme une détectrice grille à réaction. La lampe modulatrice est donc une simple amplificatrice BF et la self à fer de son circuit plaque forme le primaire d'un transfo BF dont le secondaire attaque le casque d'écoute. Pour le fonctionnement sur 5 à 7 mètres de longueur d'onde, les deux enroulements de L_1 ont chacun 4 tours bobinés en l'air sur un diamètre de 15 mm. pas : 2 spires au cm., et L_2 est formée de 2 tours concentriques, diamètre : 30 mm. Le fil est un ruban argenté ou doré.

L'émetteur-récepteur E.R. 40, en voie de disparition complète, car le S.C.R. 300, à modulation de fréquence (voir paragraphe 329 *bis*) l'a remplacé ensuite dans tous les cas, était du type oscillateur symétrique (montage type Mesny) étudié en figure 216, paragraphe 261 de la théorie radio, et dont nous avons déjà donné une application en montage ondes courtes, schéma 6, fig. 245 du présent chapitre. Il ne comportait pas d'étage amplificateur de puissance après l'oscillateur, alors que depuis, sur ondes courtes et très courtes, on est venu à la solution *oscillateur pilote plus amplificateur H.F.* de puissance, et en réception, à la solution du superhétérodyne.

C'est ainsi que le célèbre « handie-talkie » des armées modernes (SCR 536-BC 611), quoique porté d'une seule main, est un appareil à 5 lampes (miniatures, sur batterie 1,5 volt) qui, en émission, possède non seulement une oscillatrice (la triode de la changeuse de fréquence VT 171 ou 1 R 5) à quartz, mais aussi un étage amplificateur HF qui attaque l'antenne. Nous l'étudierons donc au paragraphe 292-3. *C'est un montage O.C. et non O.T.C.*

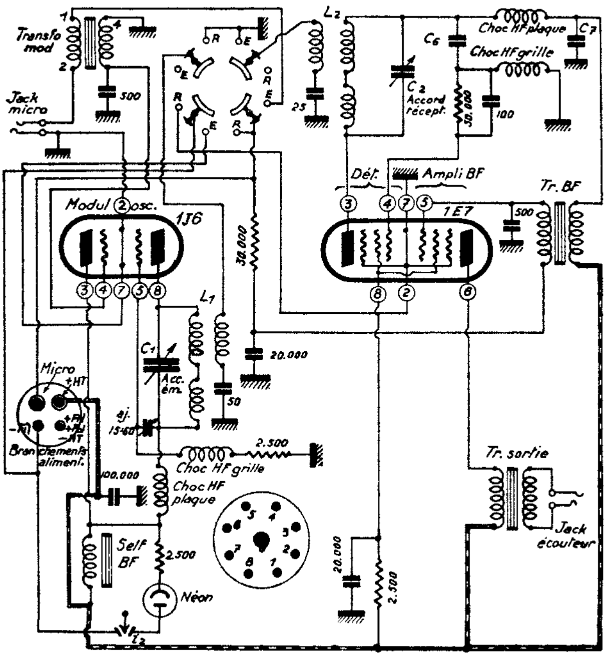


Fig. 247. — *Schéma 7 bis.*

Schéma complet de l'émetteur-récepteur ER 41 qui remplaça le ER 40, symétrique Mesny, périmé par ses tubes 4 volts. Le ER 41 travaille sur 46 à 55 Mc/s (6,52 à 5,45 mètres), en phonie seulement (A 3) avec 0,5 watt-antenne. Portée 2 à 10 km selon altitude. Poids 19 kg avec piles et accus. *Emetteur :* micro-charbon; préampli BF; modulatrice plaque; oscillatrice. *Récepteur :* super-réaction + ampli BF. *Antenne :* dipôle vertical demi-onde, brins 1,25 m. *Inverseur ém. réc. :* commute chauffage des lampes, coupe le micro, commute l'antenne. Le ER 41 n'a pas été employé en réseau, mais en « poste à poste ».

286 *bis.* — Gammes d'ondes utilisées par les émetteurs. — En radiotélégraphie et radiotéléphonie militaires, les ondes longues d'abord employées ont fait place aux ondes de plus en plus courtes au fur et à mesure que la Radio a évolué. Le même fait se remarque dans la radiodiffusion : *les ondes courtes ont été peu à peu adoptées,* la technique découvrant peu à peu leurs propriétés intéressantes, notamment *leur portée remarquable pour de faibles puissances d'émission.*

Nous allons voir dans les montages modernes des parties 3° et 4° de cette 35° leçon que les ondes très courtes sont maintenant l'apanage de l'aviation, des chars et de l'infanterie ainsi que des navires en escadre.

En Radio militaire, le poste émetteur étant mobile est souvent un poste à faible puissance; quoique la portée demandée en service soit faible, les ondes courtes améliorent le rendement. La classification sui-

TABLEAU DES LONGUEURS D'ONDE ET FRÉQUENCES UTILISÉES POUR LES RADIOTRANSMISSIONS

Radiodiffusion	*Colonies et liaisons inter-continentales*	*Aviation*	*Longueurs d'onde*	*Fréquences correspondantes*	*Armées de Terre*	*Marine marchande*	*Marine de Guerre*
			20.000 m	15 *Kilocycles.*			
	Premières liaisons inter-continentales 1920-1925 sur 20.000 m.		15.000	20			
			10.000	30			
			9.000				
ONDES LONGUES			8.000	40			
			7.000				
			6.000	50			
			5.000	60			
				70			
			4.000				
				80			
				90			
Quelques émetteurs de 2.000 à 3.000 mètres aux débuts de la radiodiffusion 1924-1928			3.000	100		Trafic des premiers émetteurs à étincelles, récepteurs sur cristal.	
			2.000	150			
Emetteurs radiophoniques européens sur GRANDES ONDES (800/2.000 mètres)				200	Liaisons d'Etat-Major jusqu'en 1928-1930 portée max. 300 km.		Trafic Guerre 14-18
			1.000	300		Stations Météo.	Météo.
			900				
			800				
			700	400			
ONDES MOYENNES Quelques émetteurs radiophoniques européens (670-800 mètres)		Stations Météo.	600	500	Artillerie lourde et liaison avions-artillerie jusqu'en 1930 faibles portées (50 km.)	Trafic normal.	
			500	600			
				700			
			400				
		Premières liaisons avion-sol.		800			
				900			
Emetteurs radiophoniques européens, américains sur PETITES ONDES (195/570 mètres) (450 stations en Europe 800 stations Etats-Unis)			300	1.000	Liaisons avions-artillerie jusqu'en 1937 (portée 75 km.)		
			200	1.500			
		Trafic aviation gonio radio-guidage.	150	2.000	Réseaux de liaison. Infanterie, Artillerie. Premiers équipements de chars pour liaison faible distance.	Trafic normal. Stations côtières	Liaisons petites ondes.
ONDES INTERMÉDIAIRES (55/200 mètres)			100	3.000			
			90				
			80	4.000	Liaisons graphie et phonie d'artillerie. Postes à grand trafic entre états-majors.		
Bande réservée aux amateurs			70				
			60	5.000			
Bande réservée aux amateurs			50	6.000			
				7.000			
			40		Réseaux unités motorisées Gamme exploitée par l'armée moderne.		Liaisons ondes courtes.
				8.000			
				9.000			
Emetteurs de radiodiffusion mondiaux sur ONDES COURTES (13 à 55 mètres)	Trafic métropole-colonies. Postes coloniaux officiels et privés		30	10.000		Trafic normal. O. C. (appareil spécial pour cette gamme.)	
			25		Gamme exploitée par l'armée moderne.		
		Liaisons avion-sol. et en escadrille. (appareil à grand rayon d'action.)	20	15.000			
			15	20.000	Liaisons chars d'assaut. Liaisons avion-sol.		
			10	30.000			
O.T.C. *Bande réservée aux amateurs*			9				
		Liaisons avion-sol. et en escadrille.	8		Liaisons par émetteurs modulés en fréquence		
Emissions de télévision			7	40.000			
		Radio-guidage des avions.	6	50.000	Liaisons phonie à petite distance (max. 10 km.) entre postes d'une même unité. (O. T. C.)		Liaisons O.T.C. entre navires d'une même escadre.
O.T.C. *Bande réservée aux amateurs*			5 m	60.000 Kc			

vante faite d'après les longueurs d'onde, aboutit ainsi à être presque identique au classement par ancienneté des types d'appareils.

(*Voir tableau ci-contre; nous détaillerons au paragr.* 293, *fig.* 263 *ter le tableau des longueurs d'onde métriques utilisées en modulation de fréquence.*)

Nous conseillons de comparer ce tableau à celui des paragr. 233.

287. — Vérification de l'oscillation d'un émetteur. — On vérifie l'oscillation haute fréquence, donc l'émission de l'onde, *à l'aide du milliampèremètre* qui peut :

1° *Soit être branché dans le circuit grille de la lampe (ou des lampes)* oscillatrice pour indiquer l'existence du courant grille. C'est le procédé employé sur les émetteurs ER22, SFRAS59, etc., on en a un exemple dans les schémas 3 et 6 de la figure 245. En effet, il n'y a un courant grille que lorsque la lampe entretient l'oscillation (voir paragraphe 259) ;

1° *bis.* — **Emploi d'un voltmètre au lieu d'un milliampèremètre. —** L'existence du courant grille peut être contrôlée en branchant un voltmètre aux bornes d'une résistance ou d'un condensateur du circuit grille, ce qui évite de couper un circuit pour insérer un milliampèremètre.

C'est ainsi que le voltmètre sera branché entre grille et cathode de l'étage oscillateur, quand la résistance de grille se trouve directement entre ces deux électrodes (fig. 215, 215 *bis*) ou aux bornes de la résistance R du schéma fig. 217 ou même aux bornes du condensateur de grille (Cg dans l'oscillateur à quartz de l'émetteur FM de LMT ERM 3453, voir paragr. 293-6 fig. 265 *ter*

Si l'on courtcircuite le condensateur d'accord du bobinage oscillateur ou si l'on enlève le cristal de quartz en service, la déviation du voltmètre tombe à zéro, l'oscillation cessant.

2° *Soit être branché dans le circuit d'antenne* pour indiquer l'existence et la valeur du courant haute fréquence développé par l'onde. C'est le procédé employé dans les montages des figures 252 et 254.

Le milliampèremètre est alors du type thermique et est placé à la base du circuit d'antenne, du côté terre (ou contrepoids ou masse de l'avion), le courant haute fréquence étant à son maximum dans cette région (voir par. 228 : contrôle de l'énergie rayonnée par l'antenne).

Ces contrôles d'oscillation sont employés de même sur les émetteurs pilotés des catégories 3° et 4° traitées dans les paragraphes 288 à 293.

287 *bis*. — Stabilité des émetteurs. — Enceintes thermiques, — La condition primordiale pour une transmission sûre est la stabilité *en fréquence* de l'onde émise: la longueur d'onde doit rester toujours la même au cours de l'émission. Nous verrons que c'est en recherchant cette qualité que l'on en est venu : 1° à réaliser des oscillateurs de *faible puissance*, quitte à amplifier ensuite le signal HF fourni (3° partie de cette leçon, paragr. 288 à 290); 2° à utiliser des oscillateurs dont la fréquence est *contrôlée par un cristal de quartz* convenablement taillé (revoir en théorie au paragr. 262 et voir appareils à quartz dans la 4e partie de cette leçon, paragr. 291 à 292 *bis*). La précision de calage des fréquences doit être inférieure à 1/1 000 depuis le décret du 17-1-50.

Mais des précautions particulières sont prises désormais sur les émetteurs modernes, postes fixes, pour réduire encore la dérive.

On appelle *dérive d'un émetteur* l'écart maximum de fréquence, exprimé par rapport à la fréquence initiale d'accord. En effet, un écart de 1 kilocycle, par exemple (1.000 périodes-secondes) sera peu de chose s'il s'agit d'une émission sur

ondes très courtes, 5 mètres de longueur d'onde par exemple, soit 60.000 kilocycles. Cela donne une dérive de 1/60.000. Au contraire, s'il y avait 1 kilocycle d'écart pour une station grandes ondes, 1.500 mètres de longueur d'onde, par exemple, soit 200 kilocycles/sec., le déréglage serait énorme : 1/200 de la fréquence.

La dérive d'un émetteur moderne (poste fixe) arrive à être inférieure à 1/20.000 de la fréquence initiale.

La cause principale de la dérive est la dilatation très légère des organes des circuits d'accord (bobinages, lames des condensateurs variables, lames des condensateurs ajustables formant appoint de capacité). Il importe donc d'éviter l'échauffement. Nous disons bien, l'échauffement, et non la chaleur, puisque ce qui importe c'est la *variation* de température.

Première règle. — La fréquence stable d'émission ne peut être considérée comme définitive que vingt minutes au moins après l'allumage des lampes. Si l'on se basait sur la fréquence obtenue aussitôt l'allumage, la dérive serait importante au début du trafic.

Deuxième règle. — On peut limiter la dérive à très peu de chose en enfermant l'oscillateur (ou le « maître-oscillateur » des appareils à plusieurs étages amplificateurs) *dans une enceinte où la température sera maintenue constante.*

C'est le principe des enceintes thermiques. Le procédé le plus employé désormais (voir émetteurs E. 302 Sadir, E. 293 Sadir, etc.) consiste d'une part à échauffer à l'aide de résistances électriques (comme des radiateurs) l'enceinte fermée où se trouve le circuit oscillant accordé ou le quartz et les autres circuits de la lampe oscillatrice, et cela avant même l'allumage du poste; d'autre part, à monter un *thermostat* qui maintient ensuite la température constante.

La température choisie pour le fonctionnement étant par exemple 60°, le thermostat est un thermomètre qui commande automatiquement l'allumage des résistances électriques dès que la température tombe au-dessous de 60°, et qui les coupe au-dessus de 60° et commande automatiquement alors l'ouverture d'une circulation d'air. Il s'ensuit que l'enceinte est contrainte par l'action du thermostat à être toujours entre 59°5 et 60°5. D'où la stabilité de fréquence de l'oscillateur.

3° EMISSION SUR ONDES ENTRETENUES AVEC ETAGE PILOTE

288. — Principe des montages à oscillateur pilote suivi d'étages amplificateurs HF. — Les émetteurs que nous avons considérés au chapitre précédent (paragraphes 285 et 286) utilisaient uniquement un montage oscillateur : une lampe grâce à un couplage entre ses circuits grille et plaque, entretenait l'oscillation d'un circuit self-condensateur. L'oscillation créée était transmise par un couplage quelconque (transformateur HF, condensateur de liaison, self commune) au circuit antenne terre chargé de la rayonner.

Pour augmenter la puissance rayonnée, il n'y avait qu'une solution : augmenter la puissance de la lampe oscillatrice, ce qui conduit à des tensions d'alimentation très élevées, et surtout à des circuits oscillateurs devant dissiper une grande énergie. Une des conséquences les plus graves est que l'oscillateur à grande puissance est beaucoup moins stable, l'énorme énergie mise en jeu, le dégagement de chaleur, etc..., entraînent des variations de la fréquence émise (dérive). De plus, les organes de réglage supportent des tensions élevées.

L'émetteur B41 K (schéma 5, fig. 245) nous a montré ainsi une lampe oscillatrice à grande puissance. D'autres émetteurs anciens employèrent plusieurs lampes en parallèle, solution étudiée au paragraphe 285, dont l'un des défauts essentiels est avec l'accroissement

des pertes HF et le mauvais rendement, l'augmentation des capacités parasites aux bornes des circuits (capacités internes des lampes).

Les émetteurs de radiodiffusion de plusieurs dizaines ou centaines de kilowatts ont appliqué un principe très différent. Les émetteurs de trafic même à faible puissance l'appliquent maintenant : *l'amplification haute fréquence.*

L'étage oscillateur est à faible puissance. C'est une lampe oscillatrice triode, tétrode ou penthode montée comme toutes celles que nous avons vue au paragraphe 285, donc établissant un couplage entre circuit d'entrée (circuit grille) et circuit de sortie (circuit plaque) pour qu'un report d'énergie entretienne l'oscillation d'un circuit self-condensateur. Tous les schémas étudiés en théorie de la radio, notamment aux figures 212 à 217, paragraphes 259, 260, 261, sont donc convenables. Nous y ajouterons le schéma très simple de la fig. 248 où le couplage grille plaque devient un couplage grille cathode, puisque le courant plaque à son retour vers le —HT passe par la cathode. Ce montage entretient une oscillation très stable; la self est unique (avec prise au 1/3 ou 1/4, le sens d'enroulement cathode vers —HT et grille vers —HT devant cette fois être le même).

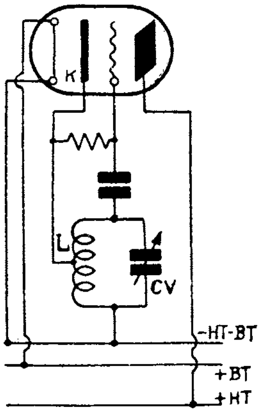


Fig. 248

Variante de montage d'une lampe oscillatrice; le couplage, au lieu d'être fait entre circuit grille et circuit plaque est effectué entre circuit grille et circuit de cathode (en effet, le courant plaque traverse aussi au retour la liaison K vers —HT; le sens d'enroulement des circuits couplés devant cette fois être le même, il suffit de faire une prise sur la self grille et d'y relier la cathode (au tiers de l'enroulement, compter à partir du —HT). Ce montage est très employé pour le « maître-oscillateur » (pilote). Il est surtout pratique à réaliser avec une lampe à cathode (chauffage indirect). C'est le montage ECO des Américains.

Note. — *Cet oscillateur ECO est surtout recommandé pour sa stabilité lorsqu'il utilise une lampe tétrode ou penthode. En effet, le courant d'écran traverse aussi le circuit de cathode et comme ses variations se font en sens inverse de celles du courant de plaque, il stabilise l'oscillation.*

Les émetteurs de radiodiffusion ne travaillent que sur une seule fréquence (longueur d'onde unique exemple Poste National 431 m.). Certains émetteurs militaires de trafic travaillent aussi sur une seule fréquence. Ils peuvent donc être accordés une fois pour toutes; nous verrons au paragr. 291 que l'oscillateur à quartz est tout désigné alors.

Mais la plupart des émetteurs de trafic doivent pouvoir émettre sur les longueurs d'ondes les plus diverses. L'accord est donc réalisé par un condensateur variable accordant la self oscillatrice, et une commutation, ou un système de selfs interchangeables, permettent de changer de gamme d'ondes.

Le circuit plaque de l'oscillatrice au lieu d'être couplé à un circuit antenne-terre attaque la grille d'une autre lampe : ***l'amplificatrice.*** C'est une lampe de puissance à fort courant plaque et à grande pente. Ce sera donc souvent une penthode. Souvent aussi elle sera alimentée à la plaque par une tension plus élevée que celle de l'oscillatrice. EXEMPLE : + HT oscillatrice 250 volts; + HT amplif. 800 volts.

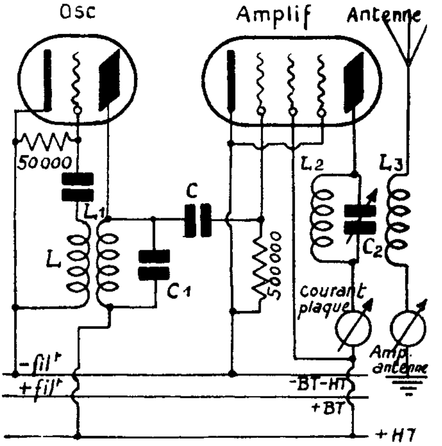


Fig. 249

Principe des émetteurs à amplification haute fréquence

Un étage oscillateur crée l'onde (accord par le circuit L 1 C 1). L'oscillation est transmise par C à la grille d'une lampe amplificatrice. Celle-ci a son circuit plaque accordé sur l'onde à amplifier; le signal est donc utilisé au maximum dans le circuit plaque et transmis par un couplage quelconque au circuit antenne-terre.

L'accord des circuits de l'amplificatrice ne fait donc pas varier la longueur d'onde émise, car celle-ci ne dépend que des circuits de l'oscillatrice. Mais il fait varier la puissance émise car le signal n'est amplifié que lorsque les circuits de l'amplificatrice sont en *résonance* sur ceux de l'oscillatrice.

Cependant les condensateurs variables C_1 et C_2 peuvent fort bien être montés sur un même axe; cette commande unique fait donc à la fois varier la longueur d'onde de l'émetteur et accorde l'ampli HF. Il suffit que les bobinages soient rigoureusement identiques, en self, et en capacité propre. Cela peut être mis au point à l'aide de petites capacités additionnelles (« trimmers ») en parallèle sur les circuits accordés.

La liaison entre l'oscillateur et l'amplificateur peut être réalisée par capacité entre plaque oscillatrice et grille amplificatrice (C, fig. 249, d'une valeur de 50 à 200 $\mu\mu$F). Mais un meilleur rendement est obtenu par les liaisons à transformateur HF lorsque le montage oscillateur choisi le permet : c'est le cas de la figure 250 où l'oscillateur applique le principe du couplage par la cathode (appelé ECO par les Américains).

Le circuit *antenne-terre* est couplé à la sortie de l'amplificateur HF de façon à utiliser au maximum l'énergie développée dans le circuit anodique : transformateur HF, abaisseur de tension, de façon à avoir un courant HF de grande valeur (la self d'antenne n'a donc que quelques spires) (EXEMPLE : Figure 249 et émetteurs de la figure 252 et de la figure 254).

La self d'antenne (L_3 fig. 249) est placée soit à la base de l'antenne si celle-ci est reliée à un contrepoids ou à la terre; soit au centre de l'antenne entre les deux brins rayonnants si l'antenne est demi-onde (revoir par. 229, deuxième partie de l'ouvrage).

Lorsque l'antenne comporte un circuit oscillant accordé sur la longueur d'onde rayonnée (EXEMPLE : Fig. 250 et émetteur de la fig.

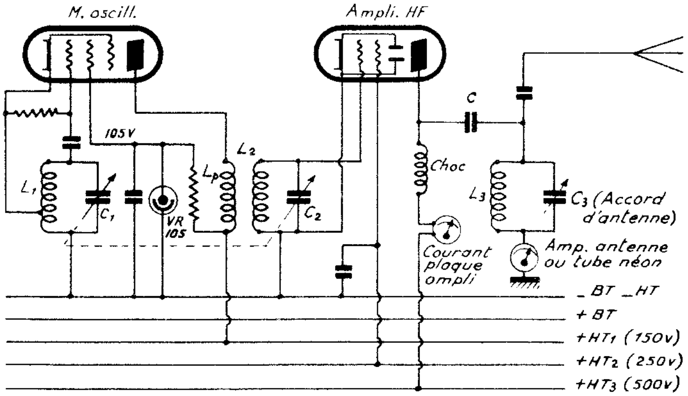


Fig. 250

Même principe de montage que le schéma de la fig. 249, mais ici le couplage entre l'osc. et l'amplif. HF est réalisé par un transformateur HF, la self de plaque L P étant couplée à la self de grille (L 2 C 2). Trois circuits sont accordés, circuit oscillateur L 1 C 1 qui crée l'onde; circuit grille de l'amplificateur L 2 C 2; circuit de sortie L 3 C 3 placé ici dans le circuit antenne-terre. La dernière liaison est faite par choc-capacité.

253, le courant HF indiqué par l'ampèremètre est maximum. Le milliampéremètre mesurant le courant plaque de l'amplificatrice indique un minimum. Lorsque l'on accorde le circuit d'antenne, l'ampèremètre d'antenne indique un maximum.

L'accord de l'antenne est évité en ondes courtes (comme fig. 249 et fig. 251).

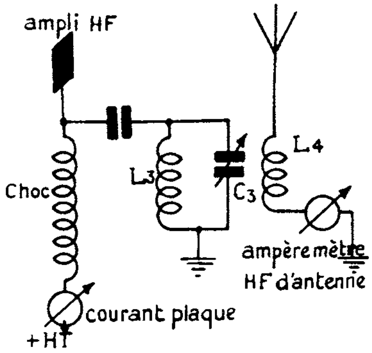


Fig. 251

Variante du couplage d'antenne à la sortie d'un amplificateur HF souvent utilisé en ondes courtes (ondes de 40 à 150 m). L'antenne n'est donc pas accordée. Il vaut mieux qu'elle le soit pour les ondes plus élevées, comme dans les schémas de la figure précédente.

L'accord de l'antenne par circuit oscillant comme figure 250 est

obtenu par un simple variomètre (1) pour les longueurs d'ondes élevées (500 à 1.500 m.) (voir schéma de l'émetteur fig. 252).

Principes de la multiplication de fréquence. — Nous rencontrerons dans les récepteurs de trafic de moyenne puissance des amplificateurs HF à deux étages. Mais le plus souvent le premier étage d'amplification joue un rôle très particulier qui l'empêche d'ailleurs d'amplifier beaucoup. Ce préamplificateur est un *doubleur*, ou même un *tripleur de fréquence*.

L'oscillateur sur ondes courtes ou ondes très courtes présente toujours une certaine difficulté de réalisation : plus la longueur d'onde est courte, plus la fréquence est élevée, plus les pertes HF sont élevées, plus les circuits oscillants sont délicats à réaliser, plus le rendement est faible et plus l'oscillation est instable (fréquence d'émission non rigoureusement fixe).

Nous verrons que pour les émetteurs à pilote munis d'un cristal de quartz (paragraphe 291), la difficulté de tailler une lame de quartz pour ondes courtes en dessous de 50 mètres (car elle devient très fine) s'ajoute encore aux reproches faits aux oscillateurs à très haute fréquence.

L'étage multiplicateur de fréquence apporte une solution. Il consiste à accorder l'étage qui suit l'oscillatrice, non sur la fréquence de l'oscillation elle-même, mais sur son harmonique 2 ou même 3. Un exemple : soit le schéma de la figure 252. Le pilote I oscille pour un accord donné de L, C, sur 75 mètres de longueur d'onde (4.000 kilocycles). Mais l'étage qui reçoit cette oscillation est accordé, lui, sur 8.000 kilocycles (37 m. 50 de longueur d'onde) par le circuit L_2 C_2. C'est donc un signal de 37 m. 50 de longueur d'onde que l'on obtient à la sortie de l'étage II, il y a une grande perte de rendement, mais elle est compensée par l'amplification de la lampe II. Ensuite, l'étage de puissance III amplifie le signal pour le confier à l'antenne, il est donc accordé comme II sur 37 m. 50 de longueur d'onde.

Le procédé évite donc de faire osciller I sur ondes très courtes.

La multiplication de fréquence est souvent très importante sur les émetteurs modernes : le rayonnement à obtenir doit avoir une fréquence non seulement double ou triple de celle du maître-oscillateur, mais 5 fois, 12 fois, 18 fois plus grande. Pour cela plusieurs étages amplificateurs de tension se succèdent. Le premier est accordé sur l'harmonique 2 du circuit oscillateur « Eco » (ou du quartz). Un étage ampli équipé d'une penthode à forte pente (pour que le gain reste sensible quoiqu'on utilisera un harmonique dont l'amplitude est toujours plus faible que sur la fréquence égale à celle appliquée au circuit-grille) a son circuit oscillant accordé de plaque accordé sur l'harmonique 3. La fréquence est donc déjà 6 fois ($F \times 2 \times 3$) celle du circuit oscillant du pilote. On peut monter un nouvel étage à lampe à forte pente qui, recevant sur sa grille le signal obtenu ci-devant, aura son circuit plaque accordé sur l'harmonique 3 : on pourra donc ensuite envoyer par un condensateur le signal de fréquence $F \times 2 \times 3 \times 3$,

(1) Revoir le principe du variomètre au paragr. 284 : poste K 12, organe V.

soit 18 fois plus grande, à l'étage amplificateur de puissance qui précède le circuit d'antenne.

EXEMPLE. — Quartz sur 54 m. de longueur d'onde (5.555 Kc/s) et signal rayonné sur 3 m. de longueur d'onde (1.000.000 Kc/s, soit 5.555×18).

Les étages multiplicateurs sont polarisés en classe B ou classe C pour faire apparaître les harmoniques.

AUTRES AVANTAGES. — Il est toujours délicat, surtout en O.C., de faire se succéder plusieurs étages amplificateurs accordés sur la même longueur d'onde (risque d'accrochages, voir paragraphe 253, 2e partie). L'emploi des lampes penthodes évite cela, mais sur ondes courtes et O.T.C. il y a encore des risques. Or, un étage accordé sur une fréquence double n'influence plus l'étage qui le précède. L'amplificateur de puissance III n'a donc plus d'inter-action avec l'oscillateur I. Raison de plus pour employer ce procédé pour les émetteurs O.T.C. d'une certaine puissance.

Dans le schéma de l'émetteur 3, fig. 252, à pilote-doubleur de fréquence-amplificateur HF, nous remarquerons donc que L_2C_2 et L, C, ne sont pas accordés sur la même fréquence et ne peuvent donc théoriquement être à mono-commande. Mais la technique moderne a franchi ces difficultés et grâce à l'emploi de CV à variation linéaire de fréquence et à rotors décalés, plus des capacités d'appoint pour corrections, on peut en fait commander par une seule manœuvre l'oscillateur L, C et l'amplificateur L_2C_2. C'est le cas de l'*émetteur d'avion Saram* 3-10.

289. — Quelques réalisations d'émetteurs modernes de trafic à oscillateur pilote et ampli HF.

289-1. — (Schémas 1 et 2 de l'ancienne édition, supprimés, postes périmés.)

289-2. — Circuits d'émission sans quartz pilote de l'émetteur-récepteur de campagne SCR 694. — Le schéma de la figure 250 est du même principe, mais l'appareil comporte, en émission, à la fois un tube à chauffage direct, sans cathode sur 1,4 volt au filament et un tube à chauffage indirect, comme ampli HF, le tube tétrode 2E22, dont les 6 volts BT sont fournis par la rotation de la machine à main à deux manivelles (paragr. 323).

L'oscillateur est équipé d'un tube 3A4, tétrode à deux filaments de 1,4 volt en parallèle; il fournit les fréquences de 6,5 à 3,8 Mc/s, soit 46 à 78 m de longueur d'onde. L'étage suivant est équipé du tube de puissance 2E22, qui fournit à l'antenne un signal de l'ordre de 25 watts HF sur ondes entretenues pures et 7 watts HF en phonie.

La haute tension du tube 2E22 est de 500 volts, celle de l'écran est ramenée à 250 volts. Des tubes régulateurs de tension VR 105 stabilisent (voir paragr. 283 *bis*) la tension appliquée au maître-oscillateur, pour stabiliser sa fréquence.

En pratique, l'adaptation du circuit d'antenne se fait d'abord par un contacteur à 6 positions, les positions 1, 2 et 3, correspondent respectivement aux fréquences 6,5 à 5,7 Mc/s; 5,7 à 4,7 Mc/s; 4,7 à 3,8 Mc/s; dans le cas de l'antenne fouet verticale et les positions 1, 2 et 3, aux mêmes zones de fréquences que dans le cas de l'antenne demi-onde horizontale de grande longueur.

Le maître-oscillateur de l'émetteur SCR 694 fournissant une fréquence variable de 6,5 à 3,8 Mc/s, il faut étalonner son cadran à chaque nouvelle installation ou après changement de fréquence de travail distante de plus de 100 kc/s de la précédente.

Pour cela, on commute un quartz étalon choisi à moins de 100 kc/s de la fréquence de travail à assurer; le commutateur « crystals » est à mettre sur M.O. (maître-oscillateur).

Le contrôle de fréquence (accord des condensateurs variables) est alors réglé sur la graduation correspondant au quartz choisi (centaines de kc/s indiquées derrière la fenêtre, dizaines et unités sur le bouton de commande). On commute sur NET work (réseau) et on ouvre le volet cachant le condensateur ajustable CAL (calage). On règle ce condensateur de façon à étouffer à zéro le battement audible dans le casque. Le cadran de l'émetteur est alors étalonné pour les fréquences voisines jusqu'à + 100 kc/s et — 100 kc/s du point d'étalonnage.

Volet refermé, commutateur mis sur phone (phonie) ou CW (graphie sur entretenues pures), on règle le cadran de l'émetteur sur la fréquence de travail uniquement d'après les graduations.

On règle l'accord d'antenne par le bouton TUNE FOR MAX, pour que l'indicateur néon brille au maximum et l'on vérifie la position du sélecteur d'antenne (1 à 6) qui n'avait été que dégrossie, les positions voisines pouvant faire briller encore plus le néon d'antenne après réaccord du bouton TUNE.

289-3. (Schéma 3.) — Emetteurs toutes ondes, — Appareils d'avion ondes 40-1.500 m, — Saram 3-10, — Le schéma des *circuits d'émission* de cet appareil, qui fût employé à bord des avions de transport, est donné en fig. 252. Nous n'avons pas reproduit les circuits complémentaires de contrôle, etc., qui seront discutés au paragr. 290, et d'autres précisions sur cet appareil et son accouplement à un récepteur seront donnés à la 42e leçon, par. 331.

L'oscillateur pilote est ici monté en ECO (revoir fig. 248), le bobinage L1 à prise servant de circuit oscillant de grille, et une partie de L_1 se trouvant dans le circuit cathode-masse (— HT) permet le couplage pour l'entretien des oscillateurs. En fait, il y a 6 bobinages L_1 : un inverseur met l'un des six en service, changeant ainsi la gamme d'ondes couverte par l'accord de C_1.

Ces gammes sont :

41	à	79	mètres : gamme	I	253	à	487	mètres : gamme	IV
75,5	à	144	— —	II	462	à	854	— —	V
139	à	268	— —	III	825	à	1.560	— —	VI

Le même inverseur à 6 directions met en circuit en L_2 le bobinage correspondant à la gamme en service.

Par ailleurs, six longueurs d'onde fixes peuvent être choisies sur chaque gamme et repérées pour réglage instantané (voir paragr. 290).

L'oscillateur pilote I est équipé d'une lampe penthode (le type 89 dont le filament est chauffé sous 6,3 volts). La 3e grille est reliée à la cathode intérieurement. Le condensateur de grille a une valeur de 50 à 100 cm, la résistance grille-cathode (parcourue par le courant grille) une valeur de 30.000 à 50.000 ohms. La tension d'écran (1re grille) est fixée à 150 volts environ par un pont de 2 résistances avec découplage par un condensateur.

Un condensateur de 50 à 100 cm prend le signal aux bornes du circuit oscillant $L_1 C_1$ et le transmet à la grille de l'étage suivant.

L'étage amplificateur de tension II est équipé aussi d'une lampe 89 penthode. La résistance de grille a une valeur de l'ordre de 1 mégohm. Normalement cette lampe est polarisée par retour de cette résistance sur un point négatif par rapport à la masse de l'appareil (— HT).

Le circuit plaque $L_2 C_2$ est accordé sur l'harmonique 2, donc sur une longueur d'onde 2 fois plus faible que $L_1 C_1$. La liaison à la grille de l'étage de puissance est faite ici aussi par capacité-résistance.

L'étage de puissance des SARAM 3-10 comporte deux lampes en parallèle : types PE 1/75 (cathodes réunies ensemble, grilles de même, écrans alimentés à la même tension, plaques attaquant toutes deux le circuit de sortie (self de choc).

La légende de la figure 252 donne des précisions sur les circuits de sortie différents selon les gammes d'ondes.

La puissance consommée est de 720 watts, la haute tension étant fournie (par convertisseur que les batteries 24 volts du bord font tourner grâce à un induit primaire) sous 1.250 volts pour l'étage de puissance et 400 volts pour le maître-

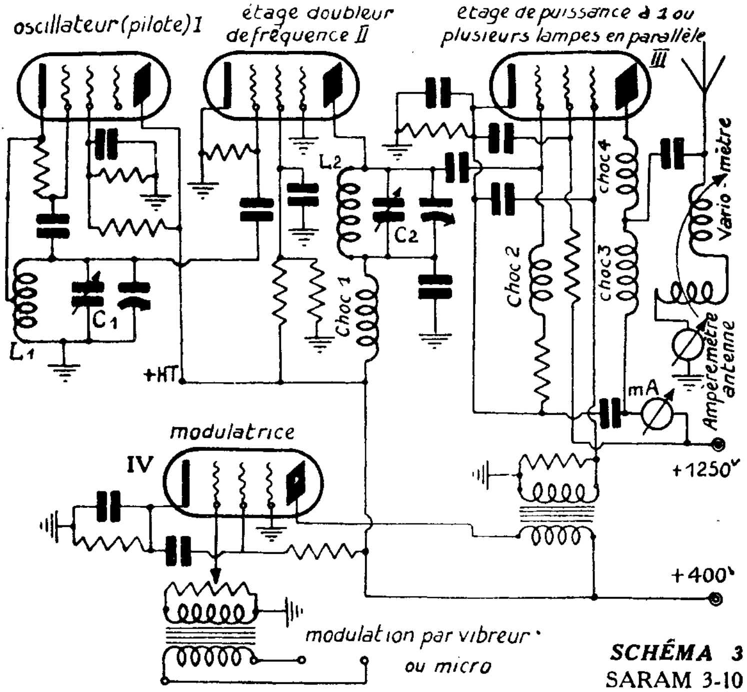


SCHÉMA 3
SARAM 3-10

Fig. 252

Emetteur moderne pour toutes gammes d'ondes de trafic comportant : un étage oscillateur pilote à lampe penthode de faible puissance I, un étage II dit « doubleur » accordé sur une fréquence double de la fréquence créée par le pilote, la lampe II, de même type que I, amplifie donc un signal de fréquence deux fois plus élevée; une étage III amplificateur HF de grande puissance qui peut comporter par exemple deux lampes en parallèle. Il attaque l'antenne soit par une liaison directe, circuit oscillant accordé commun au circuit plaque de sortie et au circuit antenne-terre (c'est le cas sur les gammes OC), soit par liaison choc-capacité comme représenté sur le schéma, le circuit antenne-terre étant accordé par un variomètre (cas des ondes moyennes). L'étage IV module l'étage de puissance en lui envoyant le son amplifié (signal sonore créé par vibreur 24 volts ou par micro). L'émetteur d'avion SARAM 3-10 *a un équipement de ce genre, mais avec de nombreux dispositifs complémentaires comme : commande principale à distance par relais, commande secondaire pour opérateur adjoint, contrôle visuel de l'accord par œil cathodique, contrôle acoustique pour écoute de la modulation et de la manipulation, limitation de la puissance d'alimentation des lampes de sortie lorsque les circuits de sortie ne sont pas accordés, dans un but de sécurité. Ces dispositifs complémentaires comportent des lampes et des circuits particuliers (voir par. 290). L'émetteur proprement dit a six gammes d'ondes échelonnées de 40 à 1.500 mètres, comporte des circuits analogues à ce schéma avec les lampes : 89 pour le circuit I, 89 pour la doubleuse II, 89 pour la modulatrice IV, et deux lampes PE 1/75 pour l'étage amplificateur HF III; puissance rayonnée 160 watts.*

oscillateur et l'étage amplificateur de tension.

Un atténuateur à 5 positions permet de réduire la puissance de sortie qui est de 160 watts-antenne avec les tensions normales, aux taux suivants : 8 watts,

16 watts, 40 watts ou 80 watts. Ainsi l'émetteur restreint sa portée aux besoins du moment : par exemple pour la liaison entre avions d'escadrille, il est intéressant de limiter le rayonnement.

La modulation des émetteurs à amplificateur HF avec ou sans étage doubleur s'effectue le plus souvent à la sortie du signal, c'est-à-dire en injectant le signal sonore dans le dernier étage (donc l'ampli de puissance HF). Nous voyons en fig. 252 que c'est la 3[e] grille de la penthode finale qui reçoit cette variation de potentiel BF. Ce peut être aussi la haute tension de l'ampli III qui au lieu d'être continue est prise à la plaque de la dernière lampe d'un ampli BF attaqué par le micro, le laryngophone, avec son ampli ou le vibreur sonore. Les paragraphes 295-296 du cours doivent nous éduquer sur ce point. Pareillement, le manipulateur découpe le signal souvent à sa sortie, c'est-à-dire en bloquant et débloquant le fonctionnement de l'ampli de puissance (voir paragraphe 293).

289-4. — Emetteur ondes courtes de trafic à oscillateur-pilote (sans quartz) et avec ampli HF.

Schéma 4. — Poste fixe d'aérodromes ou de P.C, des armées de terre, pouvant aussi être monté sur camions type SFR AS-59

L'ensemble est réalisé en 2 meubles en alliage léger (dural) : un meuble « émetteur » (50×65×46 cm), un meuble « alimentation » (75×68×80 cm). Nous donnons d'ailleurs le croquis de l'appareil lui-même, avec le détail de toutes les commandes, et l'ordre à observer dans leur réglage, à la 42[e] leçon : mise en service d'un émetteur ondes courtes poste sur voiture auto ou poste fixe *SFR AS-59* (paragr. 328).

La nouvelle fig. 253 donne le schéma essentiel des circuits d'émission de cet appareil.

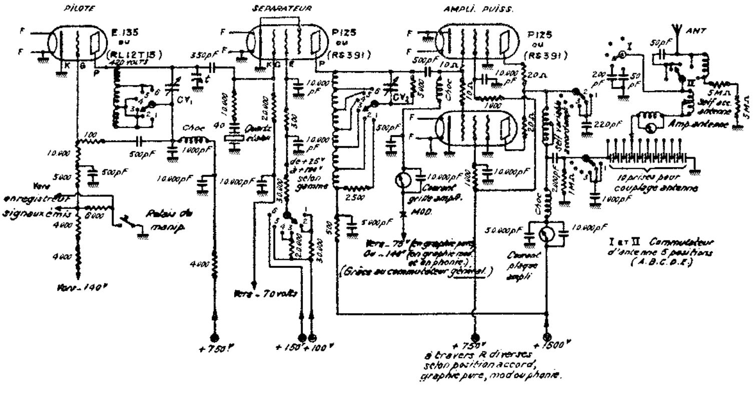


Fig. 253

Schéma de l'émetteur ondes courtes S.F.R. AS-59. Les étages de modulation de cet émetteur sont donnés en figure 266 bis, et l'alimentation en figure 313.

L'émetteur assure le trafic sur les ondes de 15 à 120 mètres (20.000 Kc à 2.500 Kc) en 6 gammes :

1 :	120 m.	à 83 m.	(2.500 à	3.600 Kc)
2 :	83 m.	à 58 m. 8	(3.600 à	5.100 Kc)
3 :	59 m.	à 41 m.	(5.100 à	7.300 Kc)
4 :	41 m.	à 28 m. 8	(7.300 à	10.400 Kc)
5 :	29 m.	à 21 m. 6	(10.400 à	13.900 Kc)
6 :	21 m. 6	à 15 m.	(13.900 à	20.000 Kc)

Comme il est de règle désormais, les lectures sont faites en fréquence et non en longueur d'onde. Cependant, les cadrans ne sont pas étalonnés directement et chaque appareil comporte une courbe d'étalonnage donnant la graduation à choisir sur le tambour gradué du condensateur variable du pilote et la graduation à lire pour le 2ᵉ CV : accord de l'étage séparateur (qui est doubleur de fréquence sur les gammes 3, 4 et 5 et tripleur de fréquence sur la gamme 6).

C'est à cause de cette multiplication de fréquence que le *commutateur de gammes d'ondes* remet le pilote avec la même self pour la gamme 3 que pour la gamme 1, la même pour la gamme 2 et la gamme 4, la même pour les gammes 5 et 6 (voir commutation sur schéma).

Le condensateur variable CV_1 du pilote a pour valeur maximum 296 pF (28 pF min.) et le CV_2 de l'amplificateur-multiplicateur de fréquence a pour valeur maximum 200 pF (10 pF min.). Mais le « trimmer » est un ajustable de 2 à 8 picofarads (2 à 8 pF), qui permet de compenser les variations et de refaire l'étalonnage du pilote lors d'un changement de lampe E.135. Cette opération est facilitée par le « quartz lumineux » placé en dérivation sur le C.O. pilote. On règle le pilote sur une graduation donnée par le constructeur et qui correspond à la fréquence du quartz monté sur l'appareil. Puis on règle au tournevis l'ajustable : le quartz s'illumine pour une position donnée qui correspond au réglage optimum, la tension HF étant maximum aux bornes du quartz.

Indépendamment du commutateur de gammes d'ondes, il y a un *contacteur général* qui comporte 5 positions :

ARRÊT. — ACCORD. — ENTRETENUES PURES (graphie). — MODULÉES (graphie). — PHONIE.

Plusieurs particularités du schéma sont à commenter : la tension de — 140 volts sur le circuit de grille oscillatrice bloque la lampe et l'empêche d'osciller. C'est le manipulateur qui courtcircuite cette tension en mettant la grille à la masse; et envoie ainsi un signal dans l'espace. En téléphonie, la grille est mise à la masse de même par le *contacteur général.*

Sur la polarisation « Arrêt », le chauffage des lampes est coupé, ainsi que la haute tension. Sur la position « Accord », la lampe pilote oscille, comme sur les positions suivantes, mais le contacteur donne aux écrans des lampes de l'ampli de puissance une tension très réduite en intercalant des résistances. Ainsi la puissance rayonnée est très réduite, et l'on en profite pour accorder les circuits (pilote, puis séparateur, etc.; nous verrons cela à la 42ᵉ leçon, paragr. 328).

Il faut expliquer aussi que la tension de l'écran de l'étage séparateur est différente selon que celui-ci est en multiplicateur de fréquence ou non, *afin de compenser par une augmentation d'amplification* la perte de puissance due à l'usage d'un harmonique (revoir paragr. 288). C'est le commutateur de gammes d'ondes qui insère donc des résistances en série dans l'alimentation de l'écran de la première E. 135, selon la gamme d'onde en service; cet écran se trouve ainsi à 25 volts sur les quatre premières gammes, 50 volts sur la 5ᵉ et 100 volts sur la 6ᵉ.

On peut encore attirer l'attention sur le couplage du circuit d'antenne : une self variable dans le circuit plaque, accordée par une condensateur fixe supplémentaire de 220 pF sur les trois premières gammes, est couplée à la base (par prise entre self et choc) par un couplage *capacitif* au circuit d'antenne.

La tension HF est donc développée aux bornes d'une capacité, qui appartient en même temps au circuit antenne-terre.

Dix valeurs différentes de capacités sont à choisir. Le circuit d'antenne s'accorde aussi par self variable.

Nous avons donné sur notre schéma fig. 253 de nombreuses indications. Les particularités de l'alimentation de cet ensemble AS-59 seront exposées comme modèles à la 41e leçon (paragr. 324) et sa mise en service à la 42e leçon (paragr. 328).

La modulation s'effectue par l'insertion (en positions « *graphie modulée* » et « *phonie* ») du secondaire d'un transformateur basse fréquence au point « MOD » de notre schéma, c'est-à-dire dans le retour de grille des lampes de puissance. Le primaire de ce transfo BF est attaqué par le circuit plaque d'une lampe triode E. 135 (nous publions le schéma plus loin dans le paragr. 296 traitant des dispositifs de modulation). Cette lampe est, soit montée en *oscillatrice BF* sur une fréquence de 775 périodes-/sec., ce qui constitue un son agréable pour les signaux, cela sur la position « graphies mod. » et la position « accord », soit montée en *amulificatrice BF* attaquée à la grille par un microphone à charbon sur la position « phonie ».

289-5. — Circuits stabilidyne pour maître-oscillateur pilote stable sur toutes ondes, sans quartz générateur (groupe émetteur récepteur EM 405 SFR mobile, sur ondes courtes, 10 à 150 m).

Le principe du stabilidyne est venu en 1953 rénover les méthodes de production et de réception des signaux HF, puisqu'il permet non seulement l'émission stable en fréquence, mais encore le *comptage* de la fréquence émise ou reçue.

L'étage maître-oscillateur pilote, prévu pour les fréquences de 2 à 30 Mc/s (150 à 10 m de longueur d'onde) dans le groupe radiomobile EM 405 de SFR est contrôlé par un tube à réactance placé en parallèle sur le circuit oscillant.

Le paragraphe 267 nous a montré qu'un tube monté en réactance se conduisait comme une inductance variable lorsque la tension appliquée à sa grille variait. La fréquence du maître-oscillateur sera donc modifiée par le signal appliqué au point G (fig. 253 *bis*).

Le signal HF produit par l'auto-oscillateur n'est pas seulement appliqué à l'émetteur, mais aussi à un ensemble dit *stabilidyne* que nous allons analyser.

Ce signal de fréquence *f* attaque en S deux ensembles récepteurs, l'un dit récepteur du signal d'entrée, à changement de fréquence sur une fréquence intermédiaire de 200 kc/s, l'autre dit récepteur de tri, à changement de fréquence sur une fréquence intermédiaire de 1 000 kc/s.

L'originalité réside dans le fait que ces deux changeurs de fréquence se servent du même oscillateur O.L., à fondamentale 100 kc/s, mais ils lui prennent des harmoniques différents; en *f'* les harmoniques de 100 kc/s à 27 900 kc/s sont disponibles (soit 279 harmoniques du quartz) et celui qui permet le battement à 1 000 kc/s environ est seul utilisé de ce côté. Pour l'obtenir, le circuit oscillant de sortie est à accorder et cela s'obtient par capacité variable, en faisant tourner un compteur gradué de 20 à 300.

En *f''*, sort l'harmonique distant de 200 kc/s du signal d'entrée qui donne après changement de fréquence le battement dit 200 kc/s. Bien entendu, les deux circuits intermédiaires 1 000 et 200 kc/s recueillent en fait des fréquences de cet ordre, mais dont la fréquence exacte n'est pas encore déterminée.

La seconde idée est d'opposer ces deux signaux dans un troisième tube changeur de fréquence, leur battement est mesuré par l'amplificateur dont la variation d'accord va de 200 à 300 kc/s mais est gradué de 0 à 100 kc/s. Ce compteur complète le précédent, il donnera les dizaines et les unités, le précédent compteur celui de 20 à 300 donnant les centaines de kilocycles.

La manœuvre des deux accords inscrit le chiffre qui correspond à la fréquence entrée en S.

Il n'y a aucune inexactitude de fréquence car les signaux qui produisent le 3e battement sont tous deux issus d'un même oscillateur, la dérive se compense.

Ce que nous avons décrit jusqu'ici, en partant de S, ne nous donne qu'un dispositif complexe de réception d'un signal, avec sa mesure exacte, avec compteur Cela constitue le principe du récepteur dit stabilidyne.

Mais, on établit à la sortie de cet ensemble, un dispositif D analogue à un discriminateur de récepteur à modulation de fréquence (circuit que nous avons étudié au paragraphe 242 et en figure 191 *bis*). On obtient après redressement, une tension qui dépend de la différence entre la fréquence sur laquelle est accordée le discriminateur et la fréquence *f* émise par l'autre oscillateur du début de la chaîne. Si les fréquences sont semblables, il n'y aura aucune tension de sortie. Si elles diffèrent dans un sens ou dans l'autre, la tension de sortie sera positive ou négative. Appliquée au tube à réactance, elle lui fera modifier la fréquence de l'auto-oscillateur jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle sur laquelle on a accordé le discriminateur, moment où la tension de sortie deviendra nulle, et la fréquence émise ne bougera plus.

C'est donc par l'accord du stabilidyne que l'on obtiendra la fréquence d'émission.

Tel est l'équipement du groupe radiomobile SFR EM 405 pour ondes de 10 à 150 mètres et qui équipe désormais les PC civils et militaires, émettant sur 400 watts-antenne une fréquence stable très exactement prédéterminée, par compteur!

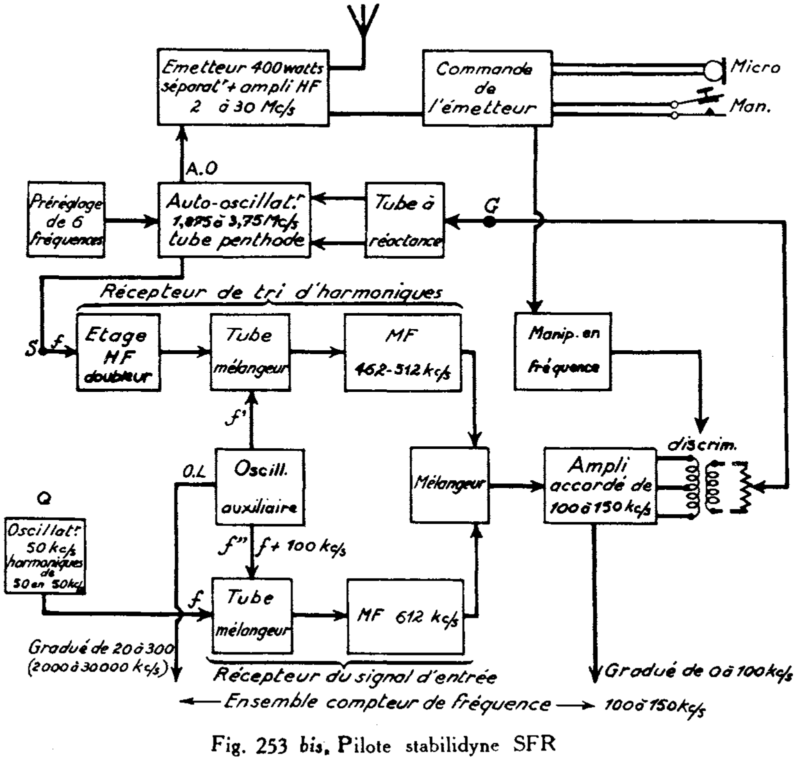


Fig. 253 *bis*. Pilote stabilidyne SFR

Nous avons indiqué ici les fréquences exactes, le commentaire du texte cite des fréquences approchées.

289-5 *bis*. — Emetteur d'ondes très courtes à oscill. pilote sans quartz et ampli. H.F, schéma 5, — Emetteur sur 4 m, 50 à 8 mètres de longueur d'onde pour liaisons sol avions : exemple d'ampli classe C en émission.

La puissance rayonnée est de 200 watts-antenne, pouvant être modulée à

100 %. La figure 254 donne le schéma des circuits.

Huit lampes identiques: type 834, triode à chauffage direct, chauffées sous 7,5 volts (3,5 ampères) et pouvant supporter une tension plaque de 1.000 à 1.300 volts, équipent ces circuits.

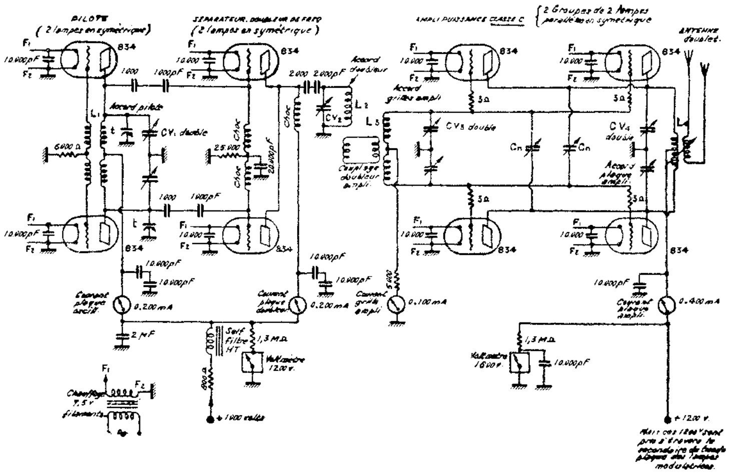


Fig. 254

Schéma de l'émetteur ondes très courtes Sadir 2314, exemple d'ampli cl. C.

La caractéristique essentielle est le montage « en symétrique » de tous les étages, ce qui diminue les capacités internes (en le montant en série) et les risques d'instabilité sur ondes très courtes.

L'oscillateur symétrique est donc basé sur le montage MESNY que nous avons étudié (revoir schéma 6, fig. 245 et commentaires paragr. 286, schéma 6).

Les étages doubleur de fréquence et ampli de puissance sont aussi montés en « symétrique » (il ne s'agit plus d'oscillateur ici, mais d'*amplificateurs symétriques*), mais peuvent fonctionner en classe C.

Amplification de puissance en classe C

Le principe est d'attaquer deux lampes rigoureusement identiques à l'aide d'un transformateur à prise médiane. Chaque lampe reçoit un signal de sens opposé à l'autre lampe, autrement dit quand l'alternance négative du signal est confiée à une lampe, l'autre reçoit l'alternance positive. Les lampes travaillent en opposition. Comme leurs circuits de sortie sont aussi réalisés par les deux parties d'un enroulement à prise médiane, une nouvelle opposition est réalisée, et les signaux des deux lampes se totalisent à la sortie. Ainsi, les lampes ne travaillent pas sur le même signal et ne risquent pas d'entrer en oscillation elles-mêmes : elles seront des *amplificatrices* correctes. Ainsi également *leurs capacités internes*, qui sont des éléments de

trouble en ondes courtes, au lieu de s'additionner comme pour des lampes mises en parallèle, sont divisées par deux. Ainsi, l*a puissance de sortie est doublée*, ce qui n'est pas exact avec deux lampes en parallèle étant données les pertes causées par ce dernier montage. Ainsi enfin le rendement peut être très augmenté; chaque lampe peut travailler en classe C, c'est-à-dire à cause d'une forte polarisation négative sacrifier totalement l'une des deux alternances du signal HF (voir la fig. 200 de la 2[e] partie et fig. 254 *bis* ci-contre), l'autre

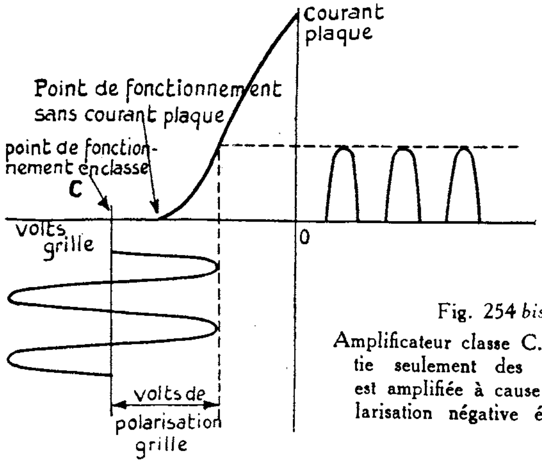


Fig. 254 *bis*
Amplificateur classe C. Une partie seulement des alternances est amplifiée à cause de la polarisation négative élevée.

lampe se réservant cette autre alternance, il n'y a pas de distorsion, même si l'alternance de chaque lampe est tronquée par une polarisation encore plus élevée. Et cela permet d'appliquer aux lampes amplificatrices un signal beaucoup plus important (deux fois ou trois fois le signal applicable à une lampe seule) et donc obtenir de ces lampes une puissance très élevée (EXEMPLE : 100 watts avec deux lampes 834, alors qu'une seule peut en délivrer 35).

L'amplificateur de puissance se distingue ici par l'emploi de quatre lampes, puisque chaque branche de la symétrie en comporte deux en parallèle. Il faut aussi signaler les condensateurs C_n entre grilles d'une branche et plaques de l'autre branche : remarquez le croisement qu'ils effectuent. Ils reportent ainsi une énergie d'un circuit sur l'autre qui compense exactement le couplage interne dans les lampes par la capacité entre électrodes. C'est ce qu'on appelle le *neutrodynage*; en ajustant C_n on obtient la stabilité parfaite de l'émetteur. Ces condensateurs sont à l'intérieur du coffret émetteur, et réglés au départ de l'usine.

Pour illustrer notre commentaire sur « la classe C », faisons remarquer les résistances : 25.000 Ω dans la grille de l'étage doubleur et 5.000 Ω dans les grilles de l'étage de puissance. Ce sont elles qui assurent la polarisation automatique des lampes, le courant grille créant dans ces résistances la tension négative souhaitée.

Dix ondes repérées peuvent être inscrites sur le tableau de l'émetteur.

L'alimentation de cette station est décrite aux paragraphes 324 et 324 *bis*.

289-6. — Emetteur O.T.C. RI 537 d'avion sur 4 m, 50, 8 mètres de longueur d'onde. Cet appareil, pour la liaison air-sol avec la station 200 watts du paragraphe précédent, a été remplacé par des matériels à quartz pilote et quartz oscillateur de réception (paragr. 292-6).

La puissance rayonnée est de 15 watts-antenne. Ici les lampes-glands peuvent être employées (revoyez paragr. 266 *bis* en théorie radio). Le schéma s'apparente à celui de la station 2314 et nous avons :

1° un étage pilote équipé en symétrique genre MESNY avec 2 lampes-glands TE 06 N, fonctionnant avec 300 volts plaque;

2° un étage ampli symétrique avec 2 lampes à cornes TC 04/10 qui reçoivent aux plaques 650 volts.

Les tensions 300 et 650 volts sont fournies par convertisseur branché sur les batteries 24 volts de l'avion.

Deux ondes repérées, réglables au sol, sont prévues dans la gamme couverte. Notons un dispositif particulier : une partie de la tension HF fournie par l'oscillation de l'étage pilote est dérivée sur une diode, donc appliquée entre plaque et cathode de celle-ci. Le courant détecté passe dans l'enroulement d'un électro-aimant (relais) qui attire un contacteur bloquant le récepteur du bord. Ainsi, pendant chaque signal morse envoyé, le récepteur est silencieux, mais redonne l'écoute entre les signaux émis. C'est « l'écoute inter-signes ».

Cet appareil émet non seulement *en phonie*, mais aussi en *télégraphie* (modulée sur un son de 900 périodes fourni par un petit alternateur monté en bout d'arbre sur le convertisseur HT).

Désormais ces liaisons sont faites en air-sol et air-air par des émetteurs pilotés par quartz avec multiplicateurs de fréquence; exemple le matériel TRAP-1A (à bord) et TRPP-3AB (portable au sol) de LMT.

290.—Réglage des émetteurs pilotés. Dispositifs complémentaires modernes pour le contrôle des émetteurs. — Un émetteur de trafic à étage pilote est déjà un émetteur d'assez grande puissance : l'alimentation de ses lampes en BT et en HT est déjà sérieux, et des convertisseurs puissants branchés sur les batteries de la voiture auto-radio ou de l'avion sont nécessaires (EXEMPLE : le *Saram* 0-12 qui demande 24 volts pour le chauffage des lampes, un convertisseur HT donnant 300 volts pour l'oscillatrice, et un convertisseur HT donnant 700 volts pour les amplificatrices, consomme ainsi en émission 170 watts sur les batteries 24 volts).

Il y a bien souvent un récepteur incorporé à l'émetteur. Nous l'ignorerons pour l'instant, un chapitre spécial devant traiter de la mise en route de l'installation complète (paragr. 331). Examinons le seul fonctionnement de l'émetteur piloté.

1° Vérification des branchements de l'ensemble, la fig. 255 montre un exemple d'installation où un poste de commande séparé permet de diriger l'alimentation soit vers l'émetteur soit vers le récepteur, de couper l'alimentation, de diriger l'antenne sur l'émetteur ou sur le récepteur, et même grâce à des relais, c'est-à-dire à des électro-aimants placés dans l'émetteur et recevant un courant par commutation au poste de commande, de mettre les circuits de modulation en service pour télégraphie modulée ou téléphonie. Un tel poste de commande séparé avec lampe témoin signalant l'allumage du poste n'est utilisé qu'à bord

des avions, où l'encombrement empêche le ou les opérateurs d'être à même d'aborder l'émetteur facilement. Mais toujours le changement d'onde d'émission impose le réglage sur l'émetteur lui-même. Des

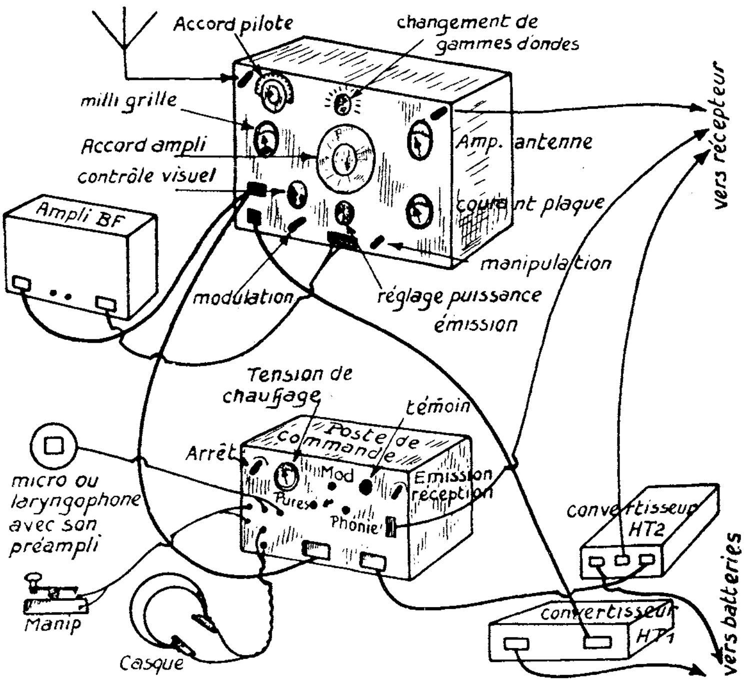


Fig. 255

Exemple d'installation d'un émetteur piloté et de son alimentation; ici les commandes d'allumage, de chauffage, de passage d'émission à réception et de graphie à phonie, sont centralisées dans un poste de commande sur lequel se branchent également le micro, le manipulateur et le casque. Mais toutes ces commandes peuvent aussi être groupées avec les commandes d'accord sur l'émetteur récepteur lui-même. A noter surtout que l'accord comporte deux parties distinctes : 1° accord de l'oscillateur (et éventuellement du doubleur); 2° accord de l'ampli HF pour le mettre en résonance sur le pilote.

postes de commande auxiliaire peuvent même compléter le poste principal pour permettre à des opérateurs adjoints de passer eux-mêmes, de leur siège, d'émission à réception et de télégraphie à téléphonie.

2° Allumage : les circuits BT et HT sont branchés par un seul commutateur. Les lampes, lorsqu'elles sont à *chauffage indirect, demandent une minute pour être chaudes.*

3° L'inverseur émission-réception est placé sur E, le commutateur graphie-phonie est placé sur la position désirée. En graphie, il peut y avoir une position « pure » (plus grande portée, mais le correspondant devra moduler à l'arrivée par hétérodyne ou réaction pour entendre les signaux) et une position « modulée ».

4° Si le manipulateur fonctionne par relais, c'est-à-dire commande par électro-aimant un interrupteur rapide placé dans l'émetteur, il est possible de lui faire faire couper plusieurs circuits essentiels de l'émetteur. Comme en trafic rapide, la coupure nette peut être obtenue en coupant l'alimentation anodique de plusieurs étages, ce qui n'est pas nécessaire si la cadence reste modérée, certains émetteurs ont un commutateur trafic modéré, trafic rapide qu'il suffit de mettre sur la position désirée.

5° Mettre en service la gamme d'ondes désirée (Ex. : gamme 3 : 83 à 210 mètres), puis régler l'accord pilote sur la graduation de l'échelle 3 correspondant à la longueur d'ondes désirée . Ex. : 100 m. Souvent les cadrans sont étalonnés en longueurs d'onde, ou une courbe d'étalonnage donne la correspondance avec les graduations du cadran. Souvent aussi le bouton d'accord du pilote possède 5 ou 6 positions sur lesquelles on peut l'immobiliser par un cliquet et qui correspondent à 5 ou 6 longueurs d'onde connues servant souvent pour la liaison (voir fig. 256).

6° S'il y a un milliampèremètre de grille, vérifier qu'il indique le passage d'un courant, sinon le pilote n'oscille pas. Vérifier alors les branchements. Sinon : panne (voir 46e leçon) :

7° S'il y a un doubleur de fréquence, cet étage est souvent accordé automatiquement par l'accord du pilote si les CV sont à monocommande. Sinon, il faut le régler d'après les graduations de son cadran ou le tableau d'étalonnage; mais sous réserve de retouche.

8° S'il y a un réglage de puissance HF, il faut le régler alors ou à son maximum, ou au degré désiré selon la portée à réaliser, car son réglage ultérieur modifierait légèrement l'accord de l'amplificateur.

9° Réglage de l'accord amplificateur HF, sauf le cas où il se trouve

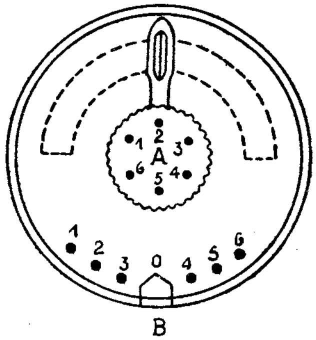


Fig. 256
Principe de fonctionnement d'un CV d'accord pilote à encliquetage sur six positions déterminées.

Sur le Naviphone SFR, le CV d'émission, accord des amplis HF, a trois positions d'encliquetage.

raccordé par monocommande avec l'accord pilote. L'accord exact est vérifié par les contrôles suivants :

a) *à l'accord exact, le courant d'antenne est maximum;*

b) si l'ampèremètre d'antenne n'est pas en circuit pour la gamme d'ondes en service, ce qui est fréquent en ondes courtes, se baser sur le *milliampèremètre de plaque des amplificatrices* qui doit alors accuser à l'accord *un minimum de déviation* (alors que c'est un maximum dans le cas de l'ampèremètre d'antenne).

A noter que lorsque l'accord d'antenne est obtenu pour certaines gammes par un variomètre au lieu d'un circuit oscillant, c'est souvent l'axe de commande qui fait tourner le CV du C.C. et les selfs de variomètre.

10° Manipuler ou parler. Mais pour fonctionner en phonie, il est préférable de faire les réglages sur les positions graphie et de ne passer en phonie qu'une fois réglé.

Dispositifs complémentaires des émetteurs. — Nous ne considérerons que ceux dont l'usage a consacré l'utilité.

Longueurs d'onde repérées : Nous avons signalé ce dispositif au point 5° ci-dessus. C'est le condensateur d'accord de l'oscillateur pilote qui peut se bloquer sur plusieurs positions grâce à un cliquet. Pour cela, on amène l'index B (fig. 256) sur le chiffre correspondant à la longueur d'onde repérée.

On veut émettre sur la longueur d'onde repérée 381 m correspondant à la position 2, gamme III. On amène l'index sur la position 2. On tourne ensuite lentement le bouton A du CV jusqu'au déclic amenant l'immobilisation. On met alors le commutateur de gammes en position (ici gamme III).

Pour changer la longueur d'onde correspondant à un repère, on effectue toutes les manœuvres ci-dessus. Puis on laisse le réglage immobilisé, mais on dévisse la vis du bouton A correspondant à la position enclenchée. Dans l'exemple précédent, on dévissera donc la vis 2 placée sur le bouton A. Cela libère le bouton A que l'on amène sur le réglage du cadran correspondant à la nouvelle longueur d'onde (EXEMPLE : 392 mètres au lieu de 381 que l'on veut changer). Puis on revisse la vis 2. Ainsi chaque fois que l'index sera en 2, l'immobilisation se fera maintenant sur 392 mètres.

A noter : Avec un tel dispositif, lorsque l'on veut se régler sur une longueur d'onde quelconque non repérée, donc sans encliquetage, il faut mettre l'index d'encliquetage sur la position zéro.

Ces dispositifs existent sur beaucoup d'appareils émetteurs et *récepteurs*. Ils sont souvent télécommandés grâce à des relais; les fréquences préréglées sont obtenues par simples boutons-poussoirs sur le pupitre de commande.

Commande de chauffage de l'enceinte thermique. — Sur les postes fixes où le pilote est en enceinte thermique avec thermostat (voir principe paragr. 287 *bis*), exemple : la station SADIR-302, il est possible, à partir du pupitre de commande, d'assurer le fonctionnement des résistances chauffantes.

Sur la position « Arrêt » du contacteur général du pupitre, les résistances

chauffent, quoique l'émetteur soit coupé de toute alimentation. Sur les trois position, « chauffage - réglage - trafic », les résistances deviennent asservies au thermostat, c'est-à-dire qu'elles ne fonctionnent que lorsque la température s'écarte de la valeur 60° par exemple.

Tensions réduites sur l'étage de puissance pendant l'accord des circuits (pilote, doubleur, etc.). — La plupart des émetteurs ont ce dispositif qui évite la surtension de l'ampli de puissance lorsqu'il est encore désaccordé, aucun signal HF ne polarisant les grilles. Ainsi sur l'émetteur SFR AS-59, sur la position « accord » du contacteur général, les lampes de puissance ont une tension écran très faible.

Ainsi, sur l'émetteur E-302 SADIR, sur la position « réglage » du contacteur du pupitre de commande, les 2.500 volts de tension plaque, au lieu d'être appliqués au circuit anodique, débitent sur un diviseur de tension, l'anode de la lampe étant alimentée par la prise intermédiaire.

Relais. — Non seulement, le manipulateur ne coupe plus lui-même les circuits, un électro-aimant s'en chargeant lorsque le manipulateur permet le passage d'un courant dans son bobinage (circuit sous 12 volts, 20 volts ou 24 volts), mais la plupart des commandes sont ainsi assurées par électro-aimants lorsque le contacteur général se trouve sur un pupitre de commande séparé du coffret même de l'émetteur. Ces relais sont encore plus nombreux sur une installation à standard téléphonique avec ampli termineur comme dans l'ensemble O.T.C. 2314 pour liaison *radiotéléphoniques* avec avions (schéma 5, paragr. 289 et voir paragr. 317).

Beaucoup de *relais* sont montés en *dispositifs de sécurité.* Exemple : sur l'émetteur 2314 SADIR, lorsque les tubes de puissance BF du modulateur paragr. 296) ne sont plus polarisés négativement à leurs grilles, par suite d'une défaillance dans le redresseur, ce qui occasionnerait des dégâts sérieux par la montée des courants anodiques, un relais alimenté normalement par la tension de polarisation n'étant plus excité, l'électroaimant laisse tomber son armature qui porte un contact : tous les circuits d'alimentation HT du modulateur et de l'ampli HF de l'émetteur sont coupés de ce coup.

Les relais sont utilisés dans les ensembles émetteurs récepteurs pour brancher les circuits particuliers à chaque cas lorqu'on manœuvre l'inverseur émission-réception.

Contrôle visuel de l'émission. — L'œil cathodique employé sur les récepteurs est une lampe de T.S.F, dans laquelle un faisceau d'électrons vient rendre lumineux un écran phosphorescent qui prend sur le secteur « bombardé » une teinte verte. Or, cette lampe contient aussi une triode dont la plaque est reliée à une plaque se trouvant sur le trajet du faisceau d'électrons. Toute variation de potentiel de la plaque triode entraîne une déviation du faisceau d'électrons, donc une variation de la surface lumineuse.

Appliquons une tension négative à la grille de la triode. Si la plaque triode est alimentée au + HT à travers une résistance, la diminution du courant plaque fait diminuer la chute de tension dans la résistance. Le potentiel plaque augmente et le faisceau d'électrons attiré s'élargit : la surface lumineuse grandit.

Pour utiliser cette lampe (type 6 G 5 ou 6 AF 7 américain ou EM 4 européen) en contrôle visuel de l'émission, on peut soit attaquer la grille de la triode par une tension négative qu'il faudra proportionnelle au signal développé dans le circuit de sortie (schéma fig. 257), soit plus simplement relier la plaque triode au circuit HF (fig. 258).

Dans le cas du schéma fig. 257, une lampe diode est nécessaire en plus de l'œil cathodique. Dans le cas du schéma fig. 258, c'est

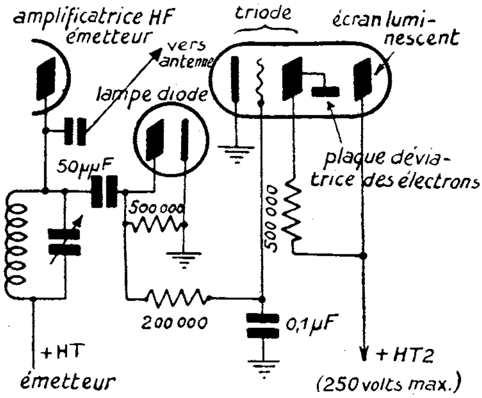


Fig. 257

Contrôle visuel par œil cathodique attaqué à la grille par une tension continue négative prise sur une diode qui redresse une faible partie du signal HF pris à la sortie de l'émetteur. Le secteur lumineux de l'œil grandit lorsque l'émetteur est bien accordé (signal HF maximum).

la triode de l'œil cathodique qui redresse elle-même une partie du signal HF, pris à la sortie de l'émetteur. (EXEMPLE : SARAM 3-10).

Contrôle acoustique et contrôle de la manipulation. — Le schéma de la figure 258 comporte un montage particulier aux émetteurs SARAM. La tension plaque de la triode de l'œil cathodique est fournie par le signal HF de l'émetteur, mais entre grille et plaque

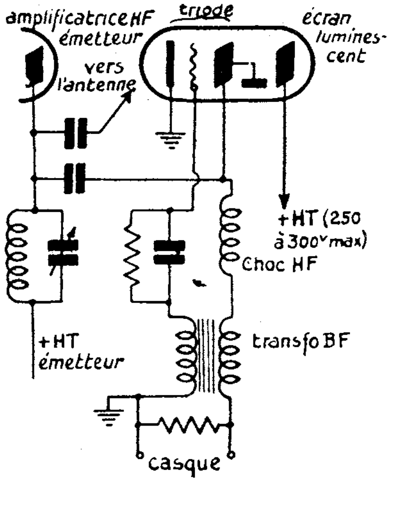


Fig. 258

Contrôle visuel par œil cathodique attaqué à la plaque par une faible partie du signal HF de l'émetteur. Le secteur lumineux de l'œil grandit lorsque l'émetteur est bien accordé (signal HF maximum). Le signal HF est redressé entre plaque et cathode de la triode.

Contrôle acoustique et contrôle de manipulation. — Montage particulier aux émetteurs SARAM : entre grille et plaque de la triode, un transfo BF entretient une oscillation audible au casque, dont la puissance dépend de la tension plaque de la triode, donc de la puissance du signal envoyé à l'antenne par l'émetteur.

une oscillation BF est entretenue par le transfo BF monté en oscillateur. Le signal sonore ainsi créé et audible au casque dépend donc de la puissance du signal HF appliqué, donc de la puissance de l'émission. On peut donc se baser sur ce son pour régler les circuits

d'accord de l'amplifi HF : au son maximum correspond l'accord exact de l'émetteur.

On peut ainsi entendre sa propre manipulation, le son ne se produisant que pendant que l'émetteur émet, donc pendant les traits et points manipulés par l'opérateur.

Sur d'autres émetteurs, le manipulateur agit non seulement sur la lampe oscillatrice HF pour la débloquer, mais aussi il libère (par un autre électro-aimant) une oscillation BF créée dans ce but par une lampe oscillatrice BF (cette lampe en phonie servira d'amplificatrice BF). En graphie, la lampe est montée comme en fig. 258 la triode de l'œil; elle crée donc un son audible dans le casque de celui qui émet. C'est le cas du schéma fig. 272 *bis*.

Limitation des tensions d'alimentation lorsque l'émetteur est mal accordé. — L'énergie développée dans le circuit de sortie est rayonnée par le circuit antenne-terre; elle est empruntée à la puissance dissipée par les lampes de puissance. Lorsque les circuits de sortie ne sont pas accordés, l'énergie HF est très faible, et au lieu d'être les 50 % de la puissance dissipée par les lampes par exemple (cas d'un rendement de 50 %), elle peut être réduite à presque rien. Ainsi des lampes consommant à la plaque 800 milliampères sous 1.200 volts par exemple et qui sont soulagées de 50 % de ces 1.000 watts lorsque l'émetteur est bien accordé, doivent les dissiper entièrement en chaleur, les 500 watts HF normalement rayonnés n'existant plus par suite de mauvais accord.

Il en est ainsi pendant que l'on règle l'émetteur. Les lampes des postes de trafic sont rarement refroidies par courant d'eau froide, il y a danger à les laisser ainsi s'échauffer. C'est pourquoi certains émetteurs ont un dispositif automatique qui, lorsque l'émetteur n'est pas

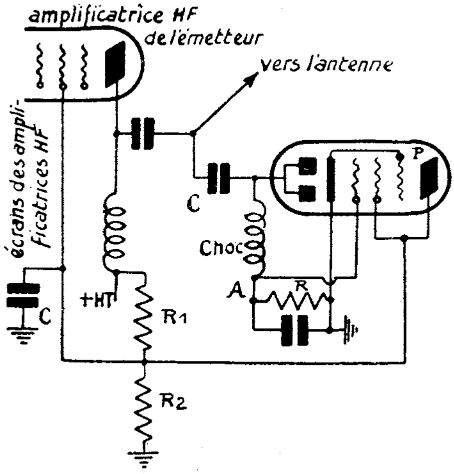


Fig. 259

Dispositif de sécurité fixant la tension d'écran des amplificatrices HF d'après la puissance HF sortant de l'émetteur.

C dérive une très faible partie du signal HF et l'envoie à la diode qui le détecte.

accordé, limite la tension appliquée aux écrans des lampes amplificatrices, ce qui les empêche d'avoir leur courant anodique normal.

Pour cela, une lampe diode-penthode ou diode-triode est employée.

Un condensateur de faible valeur C (fig. 259) dérive une très faible partie du signal HF et l'applique à la diode. Il s'en suit un courant détecté qui aux bornes de R produit une chute de tension proportionnelle à l'ampleur du signal HF de l'émetteur. Cette tension continue négative en A est appliquée à la grille de la lampe P.

Plus le signal HF de l'émetteur est puissant, plus la grille de P est négative, plus la résistance interne de P est grande. Or, la tension d'écran des amplificatrices de l'émetteur est fixée par les résistances R_1 R_2 montée en pont à leur valeur normale de fonctionnement : Ex. 800 volts. La résistance plaque cathode de P étant grande (100.000 ohms par exemple), R_2 conserve sa valeur.

Mais si l'émetteur mal accordé, ou ayant un circuit en panne, ne rayonne pas un signal HF puissant, la diode ne reçoit plus rien, la grille de P n'est plus négative, il y a un fort courant plaque entre plaque et cathode de P, et la résistance R_2 est ainsi en parallèle avec un circuit très peu résistant. Le point milieu du pont R_1 R_2 baisse donc considérablement de potentiel : les écrans des amplificatrices ne reçoivent plus qu'une tension très faible, les lampes finales de l'émetteur ne dissipent plus.

Tout rentrera dans l'ordre dès que l'émetteur enverra un signal HF conséquent, et à ce moment la puissance dissipée étant utilisée par le rayonnement de l'émetteur, il n'y aura plus de danger.

Dispositif d'écoute inter-signes. — L'opérateur a intérêt à pouvoir entendre ses correspondants, donc son récepteur, dès que son manipulateur se relève. C'est le but du dispositif en question qui est de règle sur tous les ensembles depuis 1944.

Dans la description du RI 537 (paragr. 289-4), nous avons cité le système ingénieux de détection d'une partie du signal HF émis, par une diode, le courant détecté actionne un électro qui coupe le récepteur.

D'autres émetteurs, exemple SFR AS-59, obtiennent le même effet de cette façon : le manipulateur, lorsqu'il est baissé, actionne deux électro-aimants : celui dit de « manipulation », qui débloque la lampe oscillatrice et crée le signal HF, et un autre électro dont l'armature commute le contacteur qui bloque ou débranche le récepteur. Le résultat est donc le même. (Voir dans le paragr. 295, la fig. 266 bis).

Nous citerons dans l'étude des récepteurs de trafic récents (paragr. 314 et 317) le circuit qui, sur le récepteur, est ainsi « bloqué », à moins qu'il ne s'agisse du débranchement de son circuit de sortie, comme sur le SFR AS-59. Une liaison spéciale entre émetteur et récepteur est prévue pour cet objet.

4° EMISSION SUR ONDES ENTRETENUES CONTROLEE PAR QUARTZ

Nous avons étudié en théorie radio, au paragraphe 262, le principe de la lampe oscillatrice contrôlée par cristal. Il importe de revoir cette étude avant d'examiner les circuits des émetteurs appliquant cette technique. Le schéma de la figure 217 sert de base aux émetteurs décrits ci-après.

291. — Montages émetteurs à cristal. Réglages. — Les émetteurs à cristal ne fonctionnent que sur une seule longueur d'onde; le changement d'onde nécessite le remplacement du quartz. Les émetteurs décrits ci-après peuvent donc assurer le trafic sur 2 ou 3 longueurs d'onde différentes à la condition de changer le quartz de l'oscillateur pilote et les bobinages des circuits amplificateurs.

Ce sont donc des émetteurs pour trafic fixé à l'avance. Les emplois militaires sont possibles, mais il n'y a plus alors la possibilité de changer la longueur d'onde de travail pour dépister les tiers à l'écoute, sauf par le changement du quartz. Un gros avantage, par contre : on envoie à son correspondant un quartz dont on a noté la fréquence et on le trouve ainsi facilement le jour prévu pour l'écouter. Pendant cette guerre, les Anglais ont procédé ainsi pour la liaison avec nos courageux radios clandestins en France occupée.

L'accord des circuits par condensateurs variables ne modifie pas la longueur d'onde émise qui ne dépend que du cristal, mais cet accord est nécessaire pour obtenir le maximum de rendement.

Les stations fixes utilisant des quartz placent ceux-ci avec la lampe contrôlée, dans une enceinte thermique pour accroître encore la stabilité (paragr. 287 *bis*).

Schéma 1 (fig. 260). L'émetteur ne comporte qu'un seul circuit oscillateur, sans amplificateur HF. La lampe est une oscillatrice triode ou penthode alimentée à la plaque sous 250 à 700 volts selon les types. Cette HT est fournie par convertisseur lui-même alimenté par une batterie de 6 ou 12 volts. La lampe est chauffée sous 6 ou

SCHÉMA 1

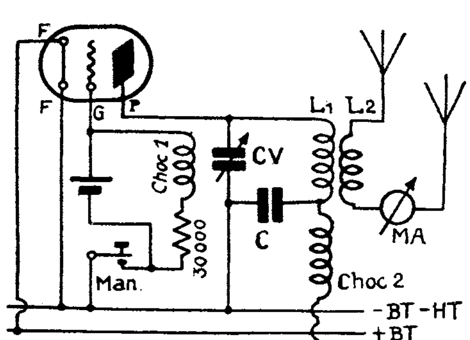


Fig. 260
Emetteur à un étage contrôlé par quartz. Emission sur une onde fixe choisie par la taille du quartz : 60 m environ (5.000 kc.), par exemple. Le circuit plaque est accordé par le condensateur variable sur cette fréquence: à la résonance, le maximum d'énergie est transmis à L 2 et au système antenne-contrepoids. Le milliampère mA signale ce maximum lorsqu'on règle CV.
Les selfs de choc CH 1 et CH 2 sont prévues pour bloquer facilement la fréquence d'accord du quartz, ici 5.000 kc (elles ont une centaine de tours jointifs).

12 volts. La self du choc doit posséder une faible capacité répartie et sera pour cela monocouche.

Réglages. — Après l'allumage et les manœuvres émission/réception qui mettent l'alimentation et l'antenne sur l'émetteur par le jeu d'un contacteur, il n'y a qu'à rectifier légèrement l'accord de CV pour obtenir le maximum de courant HF dans l'antenne. L'antenne peut être accordée elle-même au besoin par un ou deux petits condensateurs ajustables (deux dans le cas d'une antenne doublet).

Modulation microphone ou manipulation : Voir le chapitre qui termine la 35e leçon (paragraphes 293 à 297).

291-1 *bis.* — **Emetteur de détresse SFR 1F ou 2F.** — Cet émetteur est destiné à émettre automatiquement des S.O.S., ou par manipulation à main des messages graphie ou optiques. Il équipe les canots de sauvetage pneumatiques à bord des avions survolant les mers.

La partie émission HF (nous étudierons la partie modulation et manipulation au paragr. 297) réalise avec un seul tube l'oscillation HF d'une part (l'écran G_2 servant de plaque oscillatrice) et l'amplification HF (circuit de sortie dans la plaque de la penthode P6) (fig. 260 *bis*).

On comparera ce schéma au schéma I de la fig. 260. Le quartz est taillé pour 500 Kc/s (600 mètres : onde de détresse de tous navires et avions du monde). Il oscille si l'oscillateur HF classique (fig. 213, paragraphe 261 de la théorie) entre grilles G_1 et G_2 est accordé sur la même fréquence : 500 Kc/s.

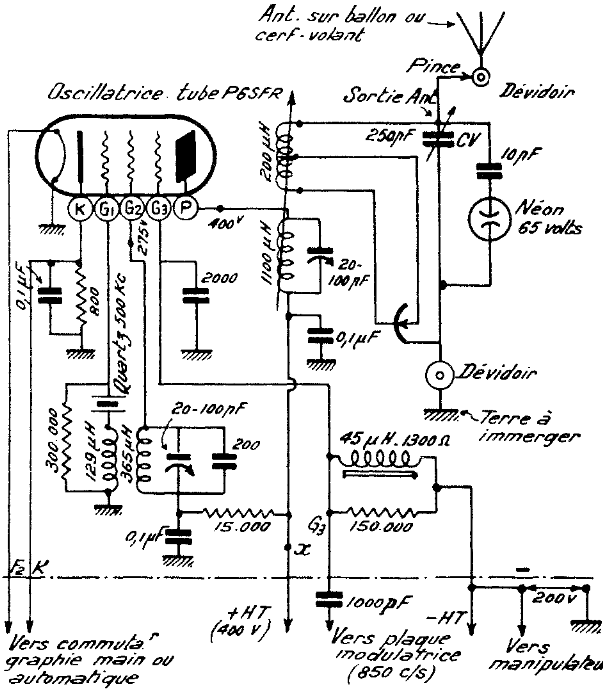


Fig. 260 *bis*

Schéma complet de la partie oscillateur HF (à quartz) du nouvel émetteur 3 watts de détresse SFR 1F sur 600 m de longueur d'onde.

On le verra à l'aide d'un milliampèremètre inséré en « x », fig. 260 *bis*. On lit 12 mA quand l'oscillateur HF (129 et 365 microhenrys, couplées) est mal accordé; dès qu'on règle l'ajustable 20-100 *p*F, à la résonance sur 500 Kc/s, le milli indique le courant minimum, 6 à 8 mA.

Dans le circuit plaque du tube, la self de 1.100 microhenrys est accordée sur 500 Kc/s également par un ajustable 20-100 *p*F. Ces réglages sont faits à l'intérieur de l'émetteur une fois pour toutes.

L'opérateur n'a à régler qu'un seul CV, celui de 250 *p*F, pour accorder l'antenne une fois que celle-ci est élevée, et branchée.

La tension de — 200 volts pour la 3e grille est celle de repos, qui bloque la lampe. Le manipulateur abaissé l'annule en reliant le —HT à la masse, la lampe libérée transmet alors le signal (voir paragr. 297, où cet émetteur de détresse est encore pris en exemple).

291-2. — *Emetteur quartz à un seul étage, utilisé dans les armées alliées.* — Nous ne publierons pas son schéma; le principe est celui de la fig. 260. Il s'agit d'un appareil émetteur-récepteur *en valise.* Nous n'avons en vue ici que l'émetteur.

Lampe utilisée : penthode 7C5. Chauffée sous 6,5 volts; 0,45 ampère. Tension plaque 330 volts (50 mA)

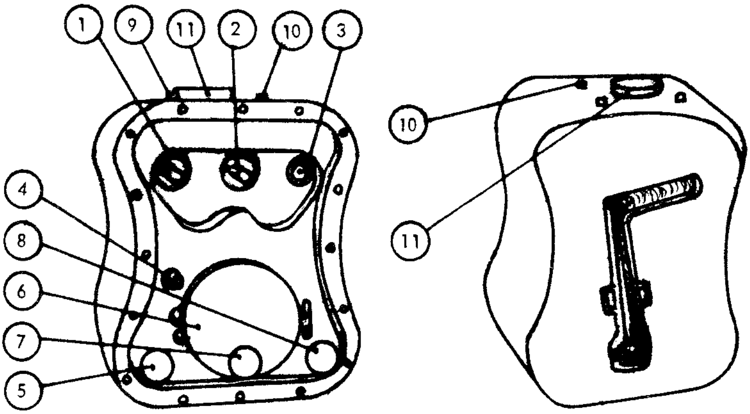


Fig. 260 *ter*

L'émetteur de détresse 1 F ou 2 F de la Société Française Radioélectrique : 29 × 25 × 23 cm, 8,5 kg. *Légendes :* 1 : CV accord antenne; 2 : contacteur graphie modulées ou pures, manuelle ou automatique; 3 : bouton pour manipulation; 4 : prise pour lampe signal optique (Scott); 5 : bouchon de terre à dévisser et immerger, relié par fil à la masse; 6 : porte du rouet d'antenne; 7 : frein du rouet; 8 : bouchon de l'absorbeur d'humidité (ne pas y toucher); 9 : voyant néon accord antenne; 10 : idem pour 2e fréquence; 11 : attaque de la manivelle.

La haute tension est fournie par vibreur HT (paragr. 275 et 41e leçon) alimenté par l'accu 6 volts qui accompagne la valise.

Fréquence des quartz : comprise entre 3.000 et 4.500 Kc/s, donc entre 100 et 66 m. de longueur d'onde. Mais l'appareil peut être utilisé en *doubleur de fréquence,* simplement en commutant une self de valeur différente dans le circuit plaque de la lampe, pour l'accorder sur l'harmonique 2.

Ainsi avec un seul quartz on peut émettre aussi bien sur la fréquence citée ci-dessus) que sur la fréquence double, donc comprise, selon le quartz, entre

6.000 et 9.000 Kc/s, soit entre 50 et 33 mètres de longueur d'onde.

Après mise en place du quartz, on règle l'accord du circuit plaque de façon à obtenir un minimum bien net de lecture au milliampèremètre de plaque.

La puissance rayonnée est de 4 watts entre 66 et 100 m. de longueur d'onde et 3 watts entre 33 et 50 m.

Lorsqu'on accorde l'émetteur, on peut risquer de l'accorder sur un harmonique différent de celui qu'on désire, par exemple l'harmonique 3. Il suffit de noter que la variation du milli plaque est moins grande pour les harmoniques de rang de plus en plus élevé. EXEMPLES :

courant plaque au repos : 45 mA,
courant plaque après accord sur F quartz : 16 mA,
courant plaque après accord sur 2 F quartz : 22 mA,
courant plaque après accord sur 3 F quartz : 32 mA.

L'harmonique 3 n'est pas exploitable, la puissance rayonnée serait trop faible. Il faudrait un étage amplificateur HF pour compenser la perte du gain.

292. — Montages à pilote contrôlé par cristal et étages amplificateurs HF. Etages multiplicateurs de fréquence. Réglages.

292 - 1 *bis*. — Schéma 2. — Emetteur de Marine Marchande MR 303 Radio-Océan (fig. 261). — L'émetteur comporte un étage oscillateur pilote à quartz suivi d'un étage amplificateur HF à 2 lampes penthodes de puissance en parallèle. Un contacteur à 6 positions marqué « fréquences repérées » branche l'un des 6 quartz et commute les prises des bobines. On accorde ensuite le circuit de sortie de l'étage de puissance par le condensateur variable CV 1, marqué « accord des fréquences repérées ». On accorde enfin le circuit d'antenne en recherchant le maximum d'éclat du tube néon, par manœuvre du variomètre qui, en tournant, modifie l'inductance des selfs couplées. L'antenne optimum a 18 mètres de long jusqu'à l'entrée de poste.

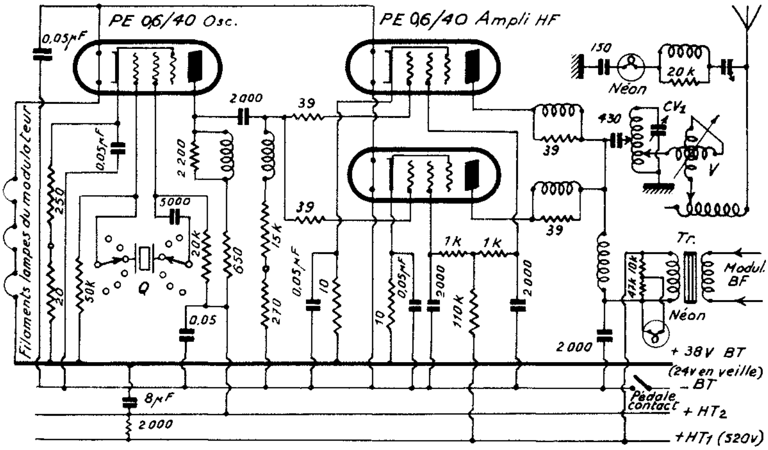


SCHÉMA 2

Fig. 261

Emetteur moderne (le MR 303 de Radio-Océan pour marine marchande) à étage pilote à quartz (6 quartz au choix par commutateur) de 1,55 à 3,8 Mc/s (78 à 193 m) suivi d'un étage amplificateur à 2 tubes en parallèle; sortie 50 watts antenne.

Le réseau électrique fournit 24 volts; cette basse tension qui alimente les filaments des trois tubes HF de la figure 261 et des trois tubes du modulateur qui amplifie le signal du micro n'est à cette valeur que pour maintenir l'émetteur en position de « veille ». Mais, en position « émission », un convertisseur branché sur 24 volts démarre et fournit 38 volts au circuit BT; les lampes ont alors leurs tensions normales aux filaments de chauffage; le convertisseur fournit par un deuxième induit 520 volts pour la haute tension.

Cet émetteur est destiné à la « phonie » (A3) et c'est pourquoi la haute tension parvient à l'étage amplificateur de puissance à travers le secondaire d'un transformateur Tr attaqué par l'amplificateur de modulation (modulation en amplitude par la plaque : paragr. 296-3, section 2°) (fig. 272).

Cet émetteur de marine est associé à un récepteur superhétérodyne recevant les signaux A_1 (graphie pure) A_2 (graphie modulée) et A_3 (phonie) de 166 à 380 kc/s et de 600 à 4.000 kc/s.

292-2. — Des émetteurs-récepteurs en *valise*, y compris le redresseur permettant l'alimentation sur secteur alternatif et le vibreur permettant l'alimentation sur un accu 6 volts type voiture (voir paragr. 323 *bis*) utilisent en émission :

— une penthode oscillatrice contrôlée par quartz;

— une tétrode à faisceaux électroniques dirigés, lampe de puissance type 6L6, en amplificatrice HF.

Le schéma diffère de celui de la fig. 261, sch. 2, par les particularités suivantes :

— un commutateur permet de brancher entre cathode et masse un des cinq bobinages prévus pour les 5 gammes d'onde possible. Selon le cas, la fréquence de la bobine correspond à l'un ou l'autre harmonique du quartz;

— un commutateur branche dans le circuit plaque de la lampe oscillatrice le bobinage L de la gamme qui contient la fréquence à émettre. Donc, si le circuit plaque a un bobinage couvrant de 15.800 à 12.000 Kc par l'accord du CV (19 à 25 m. de longueur d'onde), le circuit de cathode aura une bobine pour 7.900 à 6.000 Kc (38 à 50 m. de longueur d'onde) et la lampe fonctionnera donc en doubleuse de fréquence. La fréquence d'oscillation sera celle de l'harmonique du quartz favorisé par le circuit de cathode parce que comprise dans sa gamme, exemple : 7.000 Kc (42,8 m.), mais la fréquence d'émission sera le double : 14.000 Kc (21,4 m.).

L'accord de CV sur 21,4 m. donnera toute sa puissance au signal. L'accord juste se manifeste par une diminution nette du courant plaque de la lampe oscillatrice.

La lampe amplificatrice de puissance (6L6) aura son circuit plaque accordé aussi sur 21,4 m. par la manœuvre de CV. L'accord se manifeste par une diminution nette du courant plaque de la lampe de puissance 6L6.

Un jeu de bobines pour plaque ampli, une pour chaque gamme, permet cet accord. L'antenne peut n'être accordée que par un condensateur variable, étant attaquée par capacité de liaison à partir du circuit plaque de l'amplificatrice de puissance.

Avec ces lampes, la 6L6 étant amplificatrice en Classe C (voir paragr. 289-5), grâce à une résistance insérée dans son circuit grille qui le polarise négativement ($Rg = 15.000$ à $20.000\ \Omega$), on peut atteindre une puissance-antenne de 20 watts, alors que les sources d'alimentation débitent 60 watts.

Les tensions sont : 500 volts pour le circuit plaque 6L6, 250 volts pour le circuit plaque oscillatrice, 6,3 volts pour le chauffage des lampes.

La portée, grâce aux ondes courtes, est de plusieurs centaines de km, jusqu'à 1.000 km assurés avec une antenne suffisamment dégagée.

292-3. — Schéma 3. **Emetteur O.C. des ensembles émetteurs-récepteurs américains handie-talkie SCR 536 (BC-611).**

Pendant la guerre 39-45, on a employé au maximum les émetteurs-récepteurs

portatifs O.T.C., appareils très légers permettant la téléphonie sans fil d'homme à homme. Le ER 41 français, successeur du ER 40, pour transmissions d'infanterie, est de ce type. Les armées alliées ont utilisé le « walkie-talkie », qui,

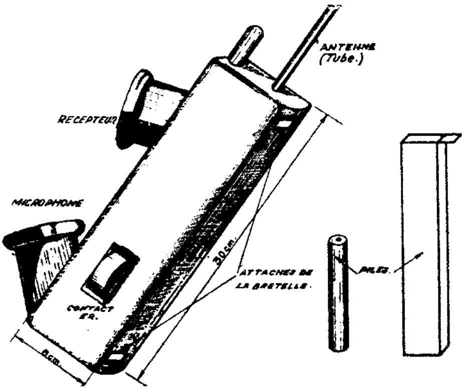


FIG. 261 *bis*

Croquis d'un émetteur-récepteur portatif sur ondes courtes : le « handie-talkie » des Américains, qui contient dans un seul boîtier pouvant être tenu dans la main l'émetteur, le récepteur et l'alimentation. (SCR 536.)

comme le ER 41, groupe dans le dos du soldat les piles, l'émetteur et le récepteur, le combiné téléphonique comprenant microphone et écouteur étant relié par fils à l'appareil. Le « walkie-talkie » pèse environ 15 kg, y compris l'alimentation et mesure environ 40 cm de haut, 30 cm de large et 18 cm d'épaisseur (équipement SCR-300, voir paragr. 329 *bis*).

Mais le record dans ce domaine est le « handie-talkie » qui, grâce à des lampes miniatures, et à des tensions d'anodes et d'écrans très modestes arrive à *tout* grouper : piles, émetteur, récepteur, écouteur, microphone, *dans la main.* Il pèse 2 kg 500 et mesure environ 30 cm de haut et 8×8 cm de côté. Au repos on passe le bras dans la bretelle. Pour l'utilisation on le tient en main comme un télephone ordinaire, l'écouteur à l'oreille et le micro devant la bouche. L'antenne qui sort par le haut se développe jusqu'à 60 cm de long.

Dans le » handie-talkie », la longueur d'onde est fixée au départ pour tous les appareils d'une même unité de combat. Cet appareil ne fonctionne en émission que lorsque la main presse le contact placé sur le corps de l'appareil, ce que l'on fait dès que l'on commence à parler, pour le lâcher aussitôt le dernier mot prononcé, ce qui met l'appareil en « réception ». Un des avantages de ce dispositif est le fait que la consommation étant plus élevée en émission, on ne consomme beaucoup que pendant que l'on parle.

Les tubes utilisés en émission font partie des tubes de réception, et les deux schémas, circuits émission et circuits réception ont donc des parties communes. Le combinateur émission-réception, mis en jeu par la pression sur la poignée, assure ces combinaisons de circuits. C'est pourquoi nous avons choisi ce poste comme exemple au chapitre des émetteurs-récepteurs (paragr. 316 *bis*).

Nous allons tout de suite spécifier que cela n'est possible que grâce à l'utilisation d'un oscillateur HF contrôlé par quartz à l'émission, et d'un oscillateur

local de réception superhétérodyne à quartz également. Ainsi deux appareils semblables peuvent converser facilement sur la même longueur d'onde. Il faut cependant deux quartz : celui de l'oscillatrice de réception a une fréquence de résonance supérieure de 455 Kc/s pour permettre la réception en changement de fréquence (revoir théorie paragr. 268-269 : F osc. loc = F reçue + MF).

Nous donnons ici, pour illustrer nos schémas d'émetteurs contrôlés par quartz, et avec étage amplificateur HF, les circuits d'émission obtenus lorsque le conacteur d'un SCR536 (BC611) se trouve sur la position « émission » (fig. 261*ter*, schéma 3).

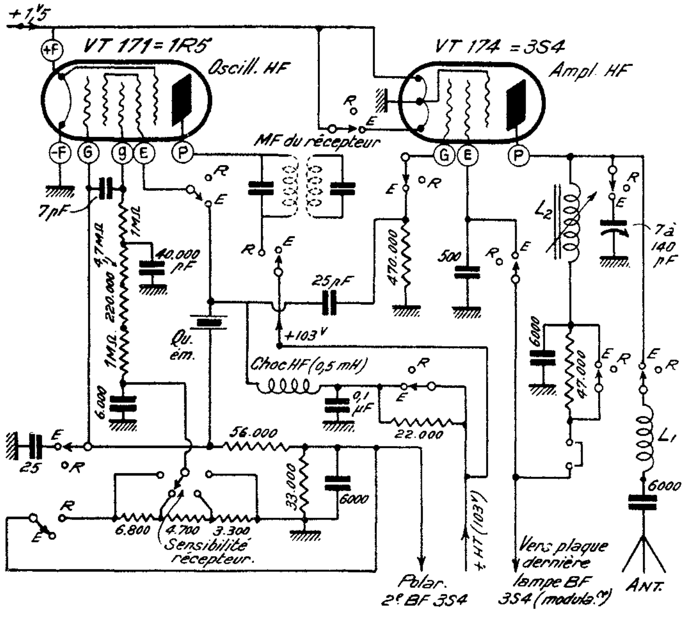


Fig. 261 *ter*. — (Schéma 3).

Circuits d'émission du « handie-talkie » S.C.R. 536 (BC-611) portatif O.C. américain pour liaisons d'infanterie, liaisons postes de triage chemins de fer, etc.

La lampe 1R5 (VT171) oscille sur la fréquence du quartz d'émission « Qu. ém. ». Ce quartz est interchangeable (12 fréquences possibles de fonctionnement, entre 3.500 et 6.000 Kc/s, soit de 85 à 50 mètres de longueur d'onde.

Un quartz de même fréquence est en service sur l'appareil de l'interlocuteur. Les grilles-écran (E) du tube 1R5 sont alimentées à partir du + HT (103 volts) par self de choc HF. La tension écran est d'environ 87 volts. On voit que sur la position réception, cette tension serait abaissée par une résistance série de 22.000 ohms. Il en est ainsi pour la plupart des électrodes de ces lampes, qui doivent avoir en réception une tension différente, souvent plus faible.

Les grilles écran jouent, en émission, le rôle de plaque, car la vraie plaque P du tube 1 R 5 (VT 171) n'a pas de tension, comme on peut le voir.

Le quartz oscillateur est branché entre la 1[re] grille G, ici grille oscillatrice, et la « plaque » (écrans E). Un condensateur de grille de 25 *p*F assure la réaction d'oscillation. Celle-ci est transmise à partir des écrans, vers la grille du tube amplificateur HF VT 174 (3 S4) par 25 *p*F avec résistance de grille de 470.000 ohms.

Le circuit plaque (self de charge L_2) et le circuit d'antenne (self d'accord L_1) ont des bobinages sur prises, qui doivent être changés *pour chaque nouvelle fréquence de travail*, tout comme le quartz. Ces changements sont effectués à l'avance, en atelier.

Notons encore que le tube amplificateur HF 3S4 n'est chauffé à pleine tension (deux filaments de 1,5 volt) que sur la position émission, où il délivre une puissance nettement plus importante qu'en réception.

Ce petit émetteur miniature convient pour des liaisons à faible distance : de 30 mètres à 1.500 mètres, lorsqu'il est mal dégagé, c'est-à-dire dans la main de piétons.

L'antenne télescopique s'extrait du boîtier même.

Nous étudierons au paragr. 296 le fonctionnement de deux autres tubes du SCR 536 en lampes modulatrices, toujours sur la position émission (fig. 272 *ter*).

Remarque sur les fréquences de fonctionnement. — Si le handie-talkie SCR-536-BC611 est sur O.C. et non sur O.T.C., c'est parce que : 1°) il est contrôlé par quartz, donc la fréquence originale ne peut être très haute; 2°) il n'eût pas été intéressant de monter des étages multiplicateurs de fréquence, l'appareil n'aurait plus été aussi réduit et n'aurait pu être utilisé d'une seule main.

292-4. — Schéma 4 (fig. 262). Emetteur de Marine Marchande MZ 307, circuits OT pour les fréquences 1,5 à 3,7 Mc/s (200 à 81 m) SIPL Radio-Océan. — L'émetteur comprend ici un pilote contrôlé par quartz, un étage doubleur de fréquence accordé sur une longueur d'onde sous-multiple de la longueur d'onde du pilote (fixée par le quartz), puis un amplificateur à moyenne puissance à deux tubes penthodes montés en parallèle.

L'oscillateur et le doubleur de fréquence sont équipés de lampes HF de puissance penthodes EL32 et PE06/40N qui sont des tubes à grande pente et à faibles capacités internes. Les lampes de puissance sont des penthodes montées en classe C (voir paragr. 289-5) et à tension anodique élevée (1.500 volts) fournie par convertisseur. La puissance rayonnée peut être de 75 watts-antenne en phonie.

Réglages : la longueur d'onde est fixée par le cristal Q (fig. 262) qui est choisi par un contacteur à 5 positions mettant en service aussi les condensateurs accordés de plaque pilote (L22) de plaque doubleur (L24) de plaque HF sortie (L30) et de sortie antenne (L25).

Cet émetteur comprend aussi des circuits pour émettre sur ondes hectométriques, 4 fréquences choisies entre 571 et 740 m de longueur d'onde, et sur ondes décamétriques entre 17,72 m et 72 m, dans 5 bandes, avec 3 fréquences à choisir dans chacune.

Nous traitons au paragr. 295 *bis* du modulateur de cet émetteur pour A_2 (sur ondes hectométriques) et au paragr. 296 de son modulateur pour A_3, phonie (sur ondes hectométriques et sur ondes téléphoniques).

Modulation phonie et graphie. — Voir le chapitre particulier paragraphes 293 à 297.

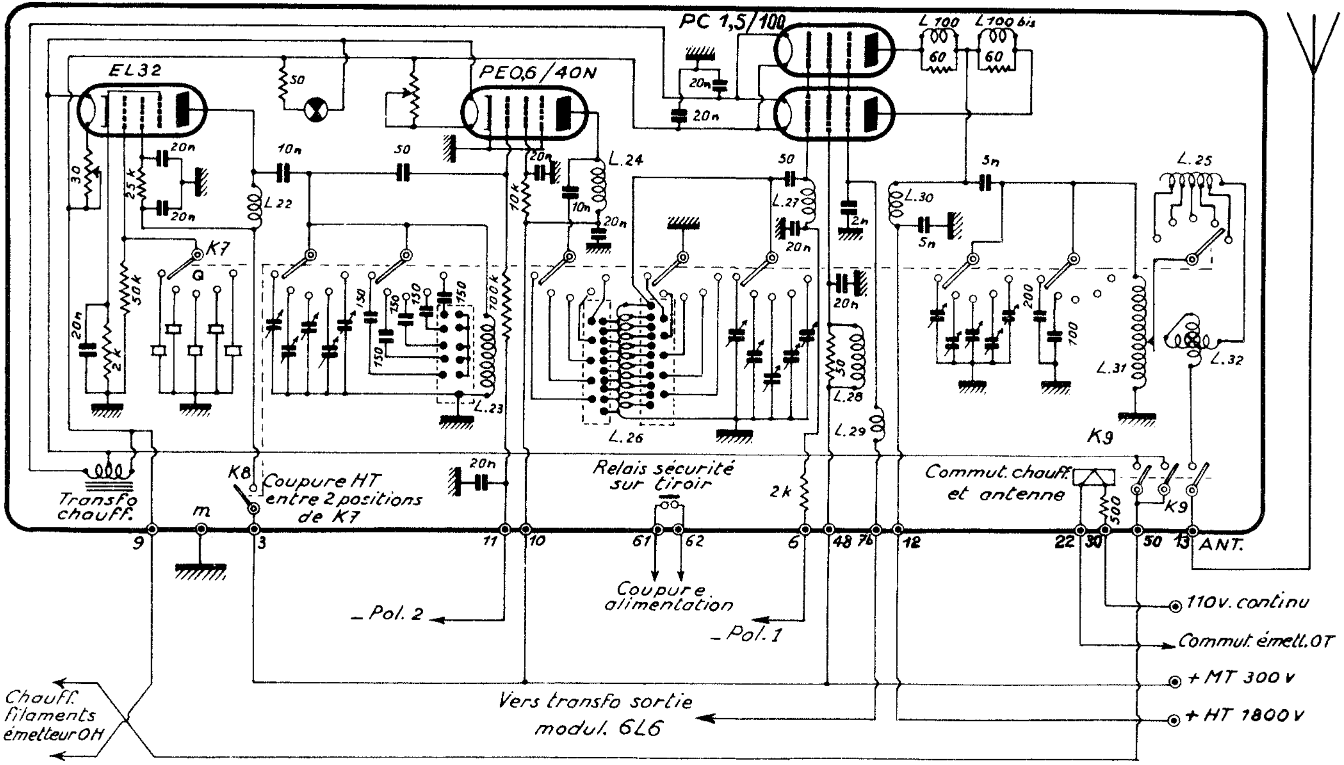


Fig. 262. — *Schéma* 4.

Emetteur dit « ondes téléphoniques » du groupe MZ 307 *Radio-Océan SIPL pour marine marchande, 75 watts-antenne, de 89 à 200 m de longueur d'onde.*

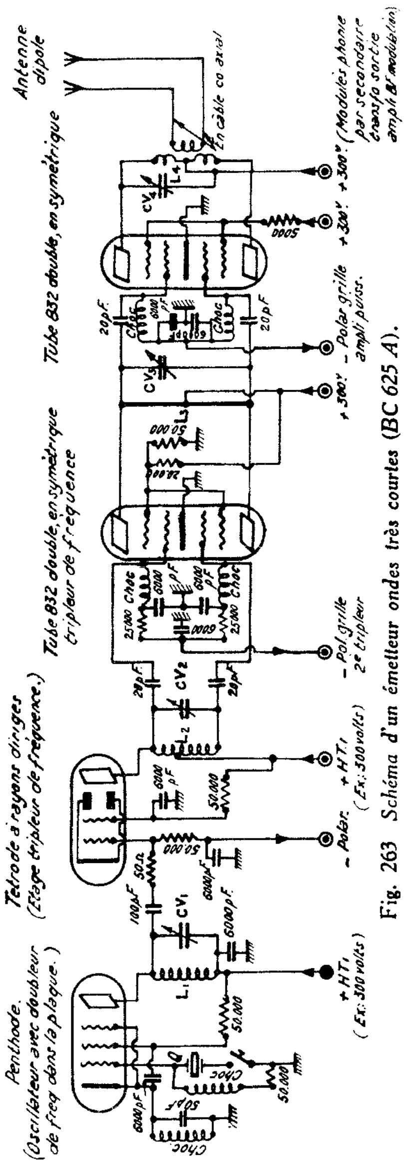


Fig. 263 Schéma d'un émetteur ondes très courtes (BC 625 A).

292-5. — Nouveau schéma 5. — *Emetteur ondes ultra-courtes (sur deux mètres de longueur d'onde) à quartz et multiplication de fréquence* BC 625 A.

Cette liaison sur ondes de 1 m. 90 à 3 mètres de longueur d'onde est destinée aux avions. La portée avec 6 watts-antenne seulement, délivrés par des tubes spéciaux O.T.C. (tubes 832) atteint 300 km lorsque l'avion est à 6.000 mètres d'altitude. A 3.000 m. la portée est de 200 kilomètres A 300 mètres, la portée est de 50 km.

Mais en France, ces mêmes longueurs d'onde de 2 mètres ont été adoptées pour des liaisons au sol, entre véhicules de police par exemple. Il est remarquable que malgré les obstacles des constructions d'une ville, et certainement grâce aux diffractions des ondes à chaque rencontre d'obstacle, elles arrivent à passer.

Le schéma de la figure 263, sans être complet, montre le fonctionnement réel.

Le principe essentiel est d'utiliser l'émission sur quartz, avec multiplication de fréquence suffisante : 18 fois... Mais le récepteur, dont nous parlerons (paragr. 312-5) *utilise aussi des quartz* et se trouve ainsi accordé sur l'onde émise. Un jeu de 4 quartz-émission et de 4 quartz-réception (de fréquences différentes d'ailleurs nous le verrons) permet ainsi des liaisons *sûres*, malgré les fréquences très élevées. Les 4 longueurs d'onde sont obtenues par boutons-poussoirs...

Voici un tableau d'exemples, les fréquences exactes dépendant des quartz :

Fréquence	A :	100	mégacycles,	soit 3 mètres	de long.	d'onde,
—	B :	120	—	— 2 m. 50		—
—	C :	140	—	— 2 m. 15		—
—	D :	155	—	— 1 m. 90		—

Principe : l'oscillateur quartz contrôle une lampe penthode. Le cristal est taillé pour 35 à 54 mètres de longueur d'onde (4 valeurs à choisir par 4 cristaux à mettre en service). Le circuit plaque de l'oscillatrice $L_1 CV_1$ est déjà lui-même accordé sur l'harmonique 2 : la lampe oscillatrice est donc doubleuse de fréquence.

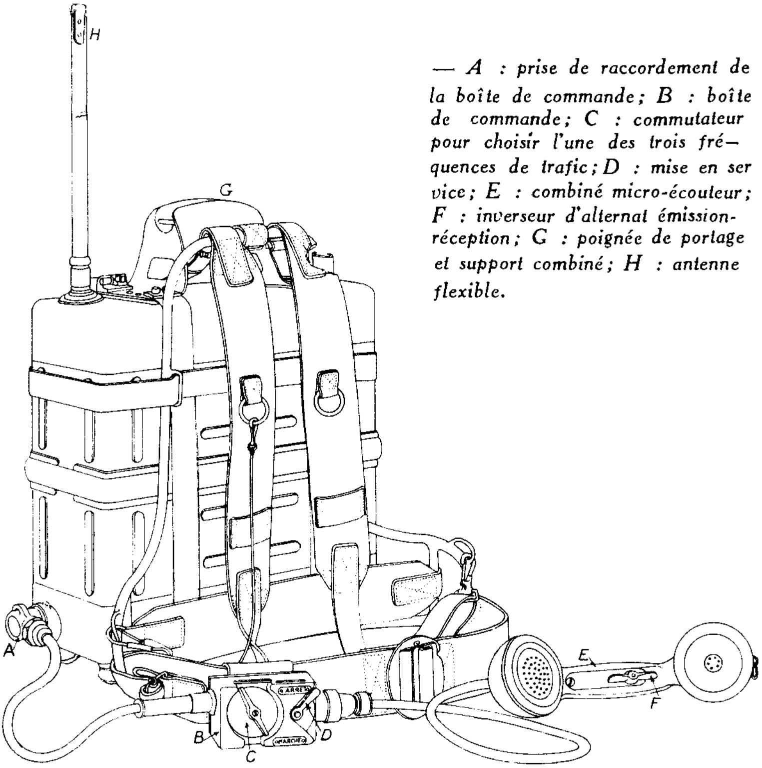
La lampe suivante, qui est aussi une penthode genre lampe de puissance BF pour récepteur, est accordée en plaque sur l'harmonique 3 de ce qu'elle reçoit en grille. Nous avons déjà : $F \times 2 \times 3$.

L'étage suivant est symétrique, mais les deux lampes sont contenues dans le même tube : c'est une lampe OTC 832. Même fonction : accord plaque sur l'harmonique 3. Le signal est donc $F \times 2 \times 3 \times 3$, soit 18 fois la fréquence du quartz.

Une lampe semblable 832 est montée en amplificatrice de puissance classe C, en symétrique toujours, pour attaquer la sortie : le câble co-axial de liaison à l'antenne dipôle.

La modulation est obtenue par un ampli BF 6SS7 + push-pull 12 A 6 modulant le courant plaque envoyé à l'étage de puissance HF.

Remarque sur les valeurs de ce montage : les découplages haute fréquence sont parfaitement assurés avec 6.000 pF (6/1.000 de MF), étant donné les fréquences en jeu. La self d'accord plaque du 2e étage tripleur se réduit à 2 barres argentées.



— A : prise de raccordement de la boîte de commande; B : boîte de commande; C : commutateur pour choisir l'une des trois fréquences de trafic; D : mise en service; E : combiné micro-écouteur; F : inverseur d'alternat émission-réception; G : poignée de portage et support combiné; H : antenne flexible.

Fig. 263 *bis*.

Emetteur-récepteur portable LMT TRPP 3B VHF *à trois fréquences préréglées, modulation d'amplitude; hauteur totale : 43 cm sans l'antenne; antenne flexible : 80 cm.*

292-6. — Emetteur-récepteur portable pour avions TRPP 3 AB de L.M.T., phonie sur ondes métriques : pilotage par quartz modulation d'amplitude et multiplication de fréquence. — Ce matériel léger existe en plusieurs versions, le TRPP 3 AB assure la liaison phonie (A3) sol-sol, portée 5 km; liaison sol-air avec avions éloignés jusqu'à 50 km à 500 m d'altitude, 100 km à 1 000 m d'altitude; le type TRAP 1 A est plus léger, à bord de l'avion il fait la liaison air-sol avec les mêmes portées que sol-air.

Cristal de quartz à l'émission (*idem* à la réception pour l'oscillateur local du superhétérodyne) ; trois quartz dont trois canaux préréglés à choisir parmi 100 possibles, espacés de 100 en 100 kc/s, entre 116 et 126 Mc/s (2,59 à 2,38 m).

Les étages multiplicateurs de fréquence n'ont à assurer que $\times 6$, ce qui fait que les quartz doivent osciller directement sur 19,1 à 21 Mc/s.

La puissance de sortie est de 350 milliwatts — porteuse si la batterie d'alimentation (type TRPP 3 AB) est de 6 volts, elle est de 500 milliwatts-antenne avec batterie de 7,5 volts sur avion, le type TRAP 1 A est alimenté par la batterie de bord 24-28 volts. La consommation est de l'ordre de 80 watts.

La modulation « phonie » (A3, voir paragr. 296) couvre de 400 à 4 000 c/s avec une réponse constante à 4 décibels près, ce qui donne une très bonne intelligibilité de la parole; le taux de 90 % peut être atteint pour la modulation de la porteuse émise.

Un bloc émetteur-récepteur ($16 \times 16 \times 33$ cm) un bloc alimentation ($16 \times 9 \times 16$ cm sur avion et $34 \times 15 \times 33$ cm sur véhicule) et un boîtier de commande séparé ($9 \times 9 \times 9$ cm) constituent cet équipement léger (fig. 263 *bis*).

5° ÉMISSION SUR ONDES MODULÉES EN FRÉQUENCE

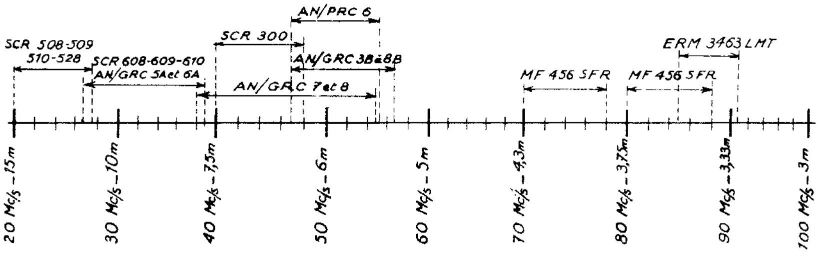


Fig. 263 ter.

Tableau des longueurs d'onde et fréquences utilisées en modulation de fréquence par des émetteurs-récepteurs militaires et civils.

293-1. — Emetteur modulé en fréquence. — Nous avons exposé en théorie radio au paragr. 224 *bis* le principe de la modulation en fréquence et les avantages remarquables qui en résultent. Nous avons au paragr. 242 expliqué la théorie de la réception de ces ondes.

La figure 264 ci-contre donne le schéma de principe d'un de ces appareils. Il s'agit d'un émetteur de 500 watts-antenne, modulé en fréquence, type SADIR E. 293. C'est un poste fixe, dont un exemplaire est utilisé pour la radiodiffusion.

Des appareils de trafic moins puissants (20-25 watts antenne) ont été réalisés; ils ne diffèrent que par le nombre d'étages amplificateurs et la tension anodique appliquée au dernier étage (ampli HF de puissance). Par ailleurs, le procédé de glissement (variation en fréquence de l'oscillateur), ici réalisé avec une lampe heptode montée en inductance variable (tube 6L7) peut faire appel à d'autres procédés dont nous allons parler.

Commentons d'abord brièvement le schéma fig. 264. L'oscillatrice, une penthode type lampe de puissance. est montée en oscillatrice « Eco » (couplage par la cathode, revoir paragr. 288 et fig. 248). Le bobinage est prévu pour couvrir les fréquences de 7.500 Kc à 5.350 Kc, par l'accord du CV_1, soit 40 à 56 m. de longueur d'onde, et comme trois étages doubleurs de fréquence suivent, soit

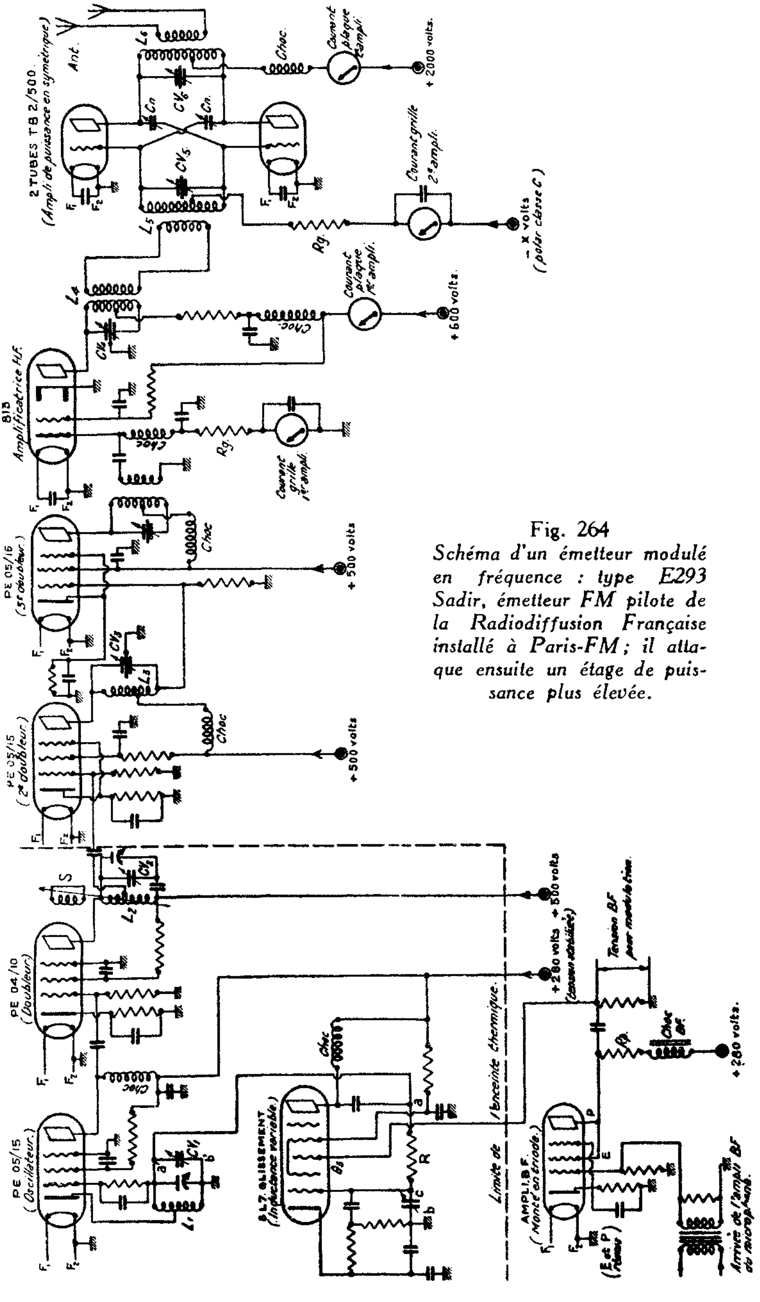


Fig. 264
Schéma d'un émetteur modulé en fréquence : type E293 Sadir, émetteur FM pilote de la Radiodiffusion Française installé à Paris-FM ; il attaque ensuite un étage de puissance plus élevée.

$F' \times 2 \times 2 \times 2 = 8$ F, l'accord de CV_1 fixera la fréquence rayonnée par l'antenne entre 7.500×8 et 5.350×8, soit entre 60.000 et 42.800 Kc, soit une longueur d'onde d'émission de 5 à 7 mètres.

Aux points a′ et b′ du circuit oscillateur, sont reliés les points *a* et *b* d'un autre circuit composé d'une lampe 6L7 et de résistances et condensateurs. Revoyez la théorie des lampes montées en inductance variable (paragr. 267) et vous comprendrez qu'une tension appliquée à la grille G3 de la lampe 6L7 (à pente variable) modifie sa pente, et fait varier la valeur de la self représentée par cette lampe et les organes R et C. Comme ils sont aux bornes du circuit oscillant de l'émetteur, la fréquence d'émission de celui-ci variera au rythme de la variation de la tension appliquée à la grille G3. L'amplificateur BF, qui amplifie les tensions venues d'un microphone, attaque donc la grille G3 de la 6L7 par une liaison résistance-capacité.

Le réglage du condensateur C augmente ou diminue l'ampleur de la variation de la self fictive, donc l'ampleur de la variation en fréquence de l'émetteur. Sur le E 293 SADIR, on règle C de façon à ce que la déviation maximum (pour les sons les plus puissants à transmettre, c'est-à-dire pour le taux de modulation maximum, soit de + ou — 75 Kc/s. C'est ainsi que pour une émission sur 6 mètres (30.000 Kc) la fréquence variera de 30.075 à 29.925 Kc/s, à la cadence de la fréquence du son transmis.

Remarquons ceci : la modulation sur l'oscillateur même n'entraîne pas une déviation de 75 Kc de la fréquence de l'oscillateur, mais seulement d'un peu plus de 9 Kc. pour le signal sonore le plus puissant. En effet, la multiplication de fréquence des étages doubleurs n'agit pas seulement sur la fréquence centrale, mais sur toutes, si bien que la déviation se trouve multipliée elle aussi.

Signalons que les deux premiers étages sont en enceinte thermique et que la stabilité est garantie avec une dérive de 1/20.000 au plus, après 3 heures de marche, malgré une variation de 10 % de la tension du secteur électrique et même avec un échauffement de 20° de la température des locaux.

Nous incitons le lecteur à regarder de près le schéma des étages d'amplification, où il retrouvera les circuits déjà étudiés.

Autres systèmes de modulation en fréquence. — Tout d'abord, signalons que la lampe de glissement 6L7 doit être montée en inductance plutôt qu'en capacitance variable (revoir paragr. 267, fig. 228 B), car une capacité variable ne ferait pas varier linéairement la fréquence.

Modulation en fréquence par spire fermée commandée par un électro-aimant. — La fig. 264 *bis* illustre ce procédé. Le courant BF à la sortie de l'ampli attaqué par le microphone traverse l'enroulement bobiné sur un aimant. Le fonctionnement est tout à fait semblable à celui d'un écouteur téléphonique (revoir

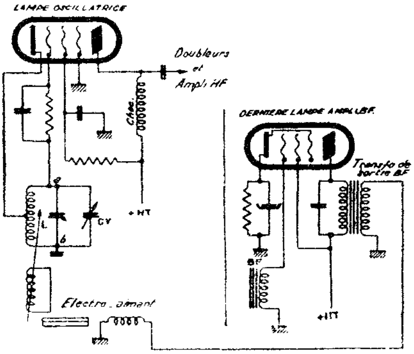


Fig. 264 *bis*

Autre procédé de modulation en fréquence.

paragr. 241). Il y a déplacement d'une palette, mais celle-ci porte une spire fermée, couplée par voisinage avec le bobinage L de la lampe oscillatrice. La valeur de L est donc modifiée par la plus ou moins grande proximité de la spire, et cela à la cadence BF. Des brevets français couvrent ce procédé.

Modulation en fréquence par condensateur variable commandé par une bobine mobile électrodynamique (brevet SADIR). — Le procédé ici fait appel à une bobine mobile semblable à celle d'un haut-parleur électrodynamique (revoir paragr. 241 *bis*). La tension BF de sortie la fait se déplacer dans l'entrefer d'un électro-aimant. Au lieu de porter une spire fermée comme dans le procédé précédent, elle porte une des deux armatures d'un petit condensateur variable. Celui-ci est branché aux bornes *a b* du bobinage oscillateur dont la fréquence d'accord varie donc avec ses déplacements, donc à la cadence BF. La capacité mobile est de forme prévue pour que la variation de fréquence soit linéaire.

293-2. — *Emetteurs modulés en fréquence à onde porteuse (fréquence centrale) contrôlée par quartz.* — On a pu remarquer dans la description précédente que l'oscillateur à quartz ne pourrait s'accommoder des dispositifs de modulation en fréquence décrits, qui tous modifient l'accord du circuit générateur d'oscillation, en faisant varier soit sa self, soit sa capacité. Or, dans une lampe oscillatrice à quartz (revoir théorie paragr. 262), la modification de fréquence du circuit accordé ne change pas à elle seule la *fréquence* obtenue.

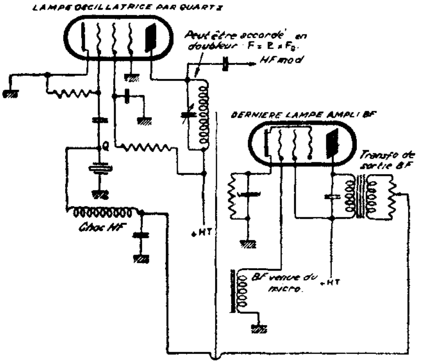


Fig. 264 *ter*
Autre procédé de modulation en fréquence.

Cependant, on souhaite des émetteurs « FM » (c'est-à-dire modulés en fréquence) à oscillateur quartz, car la difficulté essentielle dans les montages décrits ci-dessus est *la stabilité de la fréquence centrale.* L'émetteur SADIR y parvient très bien grâce à l'alimentation régulée, et à l'enceinte thermique (voir ci-dessus). Mais ce n'est pas une solution facile pour stations mobiles; celle que nous allons donner ici n'est guère plus intéressante à ce point de vue. Nous verrons au paragraphe suivant (293-3) et surtout aux nouveaux paragraphes 293-4 293-5 et 293-6 d'autres solutions beaucoup plus intéressantes pour les stations de bord.

On peut réussir à moduler en fréquence l'oscillation d'un quartz (Q). Un schéma de principe est celui de la fig. 264 *ter* d'après S. K. Lewer-Wireless-World, Londres, décembre 1945. La tension BF appliquée sur le circuit de grille provoque une variation de la fréquence fondamentale du quartz, parce que celui-ci, taillé selon la coupe « X », reçoit entre ses électrodes des tensions électriques; par cet effet, elle permet l'apparition dans le circuit plaque d'une oscillation dont la fréquence varie à la cadence BF. Mais... il y a un mais : avec ce schéma *la déviation de fréquence est très minime*, pas même un kilocycle, et laisserait le récepteur complètement insensible.

La solution d'étages multiplicateurs de fréquence successifs paraît insuffisante. Exemple : oscillation du quartz Q_1 sur 75 mètres de longueur d'onde (4.000 Kc), déviation maximum : 100 périodes/s en + et en —, soit 0,1 Kc (on ne peut guère espérer mieux!). En multipliant 10 fois, on obtiendrait 7 m. 50 de longueur d'onde (40.000 Kc) avec 1 Kc de déviation dans chaque sens, alors qu'il faudrait 20 fois plus pour que le récepteur puisse l'utiliser.

On a proposé (?) la solution suivante :

L'onde auxiliaire produite par un autre quartz (Q_2) « bat » avec l'onde modulée, et le battement est une onde toujours modulée des fréquences de deux autres (revoir en théorie le paragr. 268 sur le changement de fréquence). On se retrouve alors sur une fréquence basse et on peut multiplier autant qu'il faut pour revenir à 7 m. 50 de longueur d'onde, par exemple, mais cette fois largement modulée. En effet, il faut remarquer que la « soustraction de fréquence » faite par l'onde pure auxiliaire n'a rien changé à la valeur de la déviation, et les multiplications précédentes sont donc restées acquises.

Bien sûr, cette solution demande pas mal d'étages multiplicateurs, donc pas mal de lampes; on les limite le plus possible en accordant chacun d'eux sur l'harmonique 3, ou même l'harmonique 5 de la fréquence qu'il reçoit à sa grille.

Par ailleurs, la dérive est multipliée par ce très grand nombre d'étages.

EXEMPLE NUMÉRIQUE :

Quartz Q_1 oscillant sur 4.000 Kc.

Par suite de la modulation appliquée selon le schéma 264 *ter*, on a F = 4.000 Kc + ou — 0,1 Kc.

Etages multiplicateurs :

(Multiplication par 10, par exemple.) — On a $F_1 = 40.000$ Kc $\pm$ 1 Kc.

Quartz Q_2 oscille sur 4.080 Kc (onde auxiliaire).

Multiplication de l'onde auxiliaire :

(Multiplication par 10, par exemple.) — $F_2 = 40.800$ Kc sans modulation.

Battements de F_1 et F_2 par changement de fréquence :

$$F_m = 40.800 - 40.000 \pm 1 \text{ Kc} = 800 \text{ Kc} \pm 1 \text{ Kc}.$$

Etages multiplicateurs :

× 60, par exemple :

= 48.000 Kc $\pm$ 60 Kc, soit une onde de 6 m. 25 avec une déviation de 60 Kc, représentant la modulation appliquée à Q_1.

293-3. — *Etages pilotés modulés en fréquence, mais « stabilisés » par un quartz.* — C'est une solution américaine intéressante. L'oscillation de la lampe a lieu par circuits oscillants accordés, ce qui permet d'obtenir la déviation de fréquence par les moyens cités (variation de la self oscillatrice, soit à l'aide d'une lampe de glissement comme en fig. 264, soit par déplacement d'une spire fermée ou d'une capacité additionnelle à la cadence BF, grâce à l'attraction d'un électro-aimant), mais en plus un quartz contrôle le flux d'électrons de la lampe, sa fréquence propre attaquant une autre grille de la lampe.

La fig. 264 *quater* donne un schéma de principe. L_1 L_2 couplées entretiennent l'oscillation de la lampe, la fréquence au repos (sans modulation), donc la fréquence centrale d'émission, est obtenue par l'accord des condensateurs variables, *qui font bien varier ici la fréquence d'émission*, contrairement à ce qui se passe lorsqu'il s'agit d'un seul circuit accordé plaque d'une lampe oscillatrice *à quartz*.

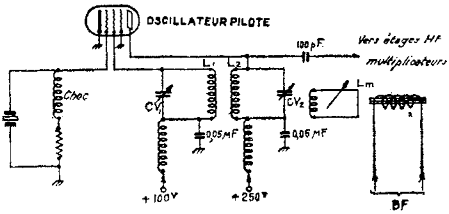


Fig. 264 *quater*

Oscillateur à lampe, modulé en fréquence, mais stabilisé par le quartz attaquant la première grille.

Ici, on choisit pour l'accord de $CV_1 CV_2$ une fréquence d'oscillation égale à celle du quartz.

En modulant sans lampe de glissement, on peut se contenter d'obtenir une déviation de l'ordre de 500 périodes en plus et en moins. Mais les circuits L_1 CV_1 et $L_2 CV_2$ comme le quartz, sont accordés sur une fréquence de l'ordre de 600 Kc (500 m. de longueur d'onde). On fait donc suivre ce pilote d'étages multiplicateurs; un émetteur-récepteur américain comporte ainsi 3 étages *quadrupleurs de fréquence* (chaque circuit plaque accordé sur l'harmonique 4 de la fréquence appliquée à la grille), puis l'amplificateur de puissance, formé de tubes ondes très courtes montés en symétrique. La fréquence d'émission, si F est la fréquence du pilote, est donc $F \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 = 64$ F. Ainsi, avec les 600 Kc, par exemple, on obtient une émission sur 38.400 Kc, soit 7 m. 80 de longueur d'onde. Et la déviation de fréquence est elle aussi multipliée, et on obtient dans notre exemple 32 Kc en + et en — (avec 500 périodes de déviation du pilote) — ce qui est un taux de modulation satisfaisant pour le récepteur.

Des appareils américains sont équipés de circuits et de quartz pour une fréquence finale rayonnée de 100.000 kilocycles/sec., soit 3 mètres de longueur d'onde.

Le nombre d'étages : 1 pilote, 3 quadrupleurs, 1 ampli de puissance peuvent faire croire à des postes fixes encombrants, en armoire. Non, il s'agit de postes militaires ou de police portatifs sur voitures. Un ensemble *émetteur-récepteur* (et le récepteur comporte 13 étages d'amplification) répondant à cette description tient dans un coffret de 31 cm de haut, 26 cm de large et 33 cm de côté.

293-4. — Etages pilotes d'émetteurs modulés en fréquence, la fréquence de trafic étant contrôlée et stabilisée à l'aide du récepteur associé, qui, lui, possède un quartz en oscillation locale. — SCR609 et 610, portatifs ou pour véhicules.

Voici un contrôle de la fréquence de trafic d'un émetteur, à partir d'elle-même : l'essentiel est d'obtenir une fréquence porteuse, donc fréquence centrale, *stable*, afin que la modulation en fréquence imprimée par le signal BF, n'entraîne pas une déviation permanente de tout le canal occupé par la modulation.

Ce problème de la stabilité de la fréquence centrale est parfaitement résolu par le procédé relativement simple de l'émetteur-récepteur BC659A américain, qui équipe l'installation SCR609 portative, et l'installation sur « Jeep » SCR-610, très utilisées toutes deux en France.

L'émetteur possède une oscillatrice classique E.C.O., car le filament du tube 1299 (VT 185) a une de ses extrémités qui vient attaquer la self de grille sur une prise intermédiaire (3), tout comme ferait une cathode (fig. 265). Une self de choc THF (5,58 microhenrys) sur l'autre branchement du filament bloque la HF de ce côté pour la contraindre à aller réaliser le couplage sur la self de grille.

La modulation de fréquence est obtenue par un tube de *glissement de fréquence* ou tube à réactance variable, selon le principe de base étudié au paragraphe 267 de la « théorie ». L'impédance de ce tube, par ailleurs attaqué par le transformateur du microphone, se trouve aux bornes du circuit-grille de la lampe oscillatrice. En effet, nous voyons que la plaque du tube à réactance variable attaque une extrémité de la self oscillatrice (4) et la grille du même tube attaque l'autre extrémité (2) de cette self oscillatrice par l'intermédiaire d'une chaîne résistance-capacité (250 pF et 6.800 ohms). C'est cette liaison R-C qui modifie la phase du signal BF appliqué à la grille par le transformateur du microphone, et crée ainsi pour la lampe de glissement une réactance variable au rythme de la BF. C'est l'application du principe étudié au paragr. 267.

La fréquence HF aux bornes de la self-oscillatrice L_5 varie donc en fonction du signal BF et il y a modulation de fréquence.

Mais à la sortie de l'émetteur, dont nous publierons plus loin les deux autres étages d'amplification (« buffer » et P-A) avec tubes n° 1291 (VT 182), une

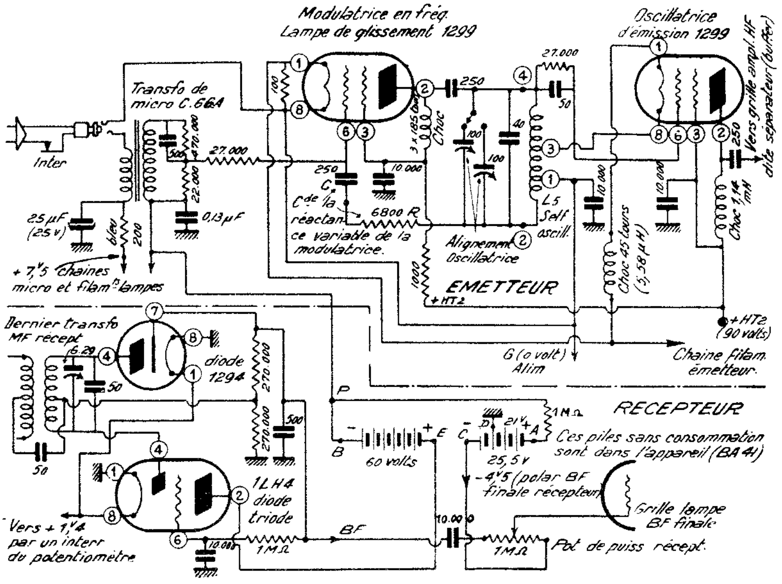


Fig. 265

Oscillatrice de l'émetteur B-C 659-A de l'installation SCR 609 et 610-A, avec sa lampe modulatrice en fréquence, ainsi que la lampe amplificatrice à courant continu du récepteur incorporé qui transmet par les variations de tension au point P une tension commandant les variations de fréquence de l'émetteur pour le stabiliser.

petite partie du signal émis se trouve appliquée, lorsque l'émetteur fonctionne, au circuit d'entrée du récepteur par un condensateur de 50 pF.

Le récepteur est un superhétérodyne (changement de fréquence, théorie à la 33e leçon, paragraphes 268 à 272). Il est d'ailleurs étudié complètement au paragraphe 315 *ter*. Le signal MF est obtenu par battement dans la lampe mélangeuse 1 LC 6 du signal reçu (pour le moment le signal de l'émetteur adjoint) et de l'oscillation locale. Or celle-ci est rigoureusement fixe, car l'oscillatrice locale du récepteur, une autre lampe tétrode 1299, est contrôlée par un quartz. (Deux peuvent être mis en service par inverseur, l'un ou l'autre pour que l'ensemble émetteur-récepteur ait 2 voies de transmission.) La fréquence exacte du battement MF varie donc uniquement d'après la fréquence injectée par l'appareil émetteur, puisqu'elle est égale à la différence des fréquences, l'une est inconnue, l'autre est fixe.

Or, après l'amplification MF dans le récepteur (2 tubes penthodes 1 LN 5, VT 179), l'étage limiteur (penthode 1 LN 5) et l'étage discriminateur (théorie étudiée au paragraphe 242), nous arrivons aux lampes détectrices diode; elles donnent non seulement un signal BF proportionnel à la déviation de fréquence révélée par le discriminateur, mais aussi une certaine *tension continue moyenne* aux bornes des résistances de charge du discriminateur (2 × 270.000 ohms). Cette tension continue est *nulle* au repos. Elle est encore *nulle* quand le récepteur reçoit un signal HF tel que le battement MF ait exactement la fréquence sur laquelle sont accordés les étages MF et le discriminateur. Mais elle naît et prend une certaine valeur quand elles sont différentes. Cette tension est proportionnelle à l'écart de fréquence entre le battement MF reçu et la fréquence d'accord MF. Pour la bonne marche du récepteur il faudrait qu'elle soit nulle. N'oublions pas qu'en ce moment le récepteur ne capte pas l'émission d'un correspondant, car

l'émetteur fonctionne et lui injecte son signal. C'est lui qui est cause de la tension moyenne continue si l'on n'a pas exactement :

Fréq. émetteur = Fréq. locale osc. récepteur + fréq. d'accord MF.

Or, au point P du circuit plaque d'une triode 1 LH 4 qui amplifie la tension *moyenne* appliquée à sa grille par le discriminateur, on a relié le circuit grille du tube à réactance variable de l'émetteur. L'impédance de ce tube, grâce à la chaîne déphaseuse R-C (déjà considérée pour la modulation micro) va varier et va modifier la fréquence de l'oscillateur de l'émetteur.

La fréquence d'émission se modifie donc, et elle cherchera à atteindre la position d'équilibre; toute variation serait transmise aussitôt par le récepteur, le discriminateur et la lampe 1 LH 4, et rectifierait la fréquence d'émission. Elle reste alors *définitivement stable.*

C'est là le beau travail de l'ensemble SCR 609 (ou SCR 610) : émetteur modulé en fréquence, à fréquence centrale stable grâce à l'asservissement imposé par le récepteur qui lui est adjoint et par sa modulatrice à réactance variable. N'oublions pas que tout ceci n'est possible que parce que le récepteur a reçu, lui, une base sûre, avec son oscillatrice locale à quartz.

L'étude de l'ensemble émetteur-récepteur à modulation de fréquence SCR 609 et 610 est faite par ailleurs aux paragraphes 315 *ter* et 317-1.

293-5. — Emetteur à modulation en fréquence par déphasage de la porteuse (fréquence centrale établie par quartz) **dans les étages d'amplification,** grâce à une bobine à fer saturé.

Emetteur BC-604 des installations SCR 508 et 528 des chars d'assaut.

L'émetteur BC 604 comporte dix fréquences fixes d'émission à choisir à l'aide de dix boutons-poussoirs. Les étages multiplicateurs de fréquence sont accordés en usine d'après la fréquence du quartz du maître-oscillateur (pilote), les circuits accordés valables pour chaque fréquence sont mis en circuit par le bouton-poussoir, il n'y a donc pas de réglage à effectuer.

Les quartz, placés dans un châssis portant les armatures de contact, sont très petits.

L'émetteur (comme le récepteur et l'interphone) sont alimentés sur 12 ou 24 volts (batteries du bord).

L'appareil sera étudié également en paragr. 315 *bis* et 333 *bis*, cette installation moderne étant très répandue désormais sur les véhicules militaires et de police.

Les circuits d'émission étudiés ici dès à présent sont un exemple intéressant d'une technique très employée désormais en modulation de fréquence.

La puissance d'émission des SCR 508, etc... est de 30 watts-antenne, avec une portée utile de 8 à 11 km, qui s'étend jusqu'à 24 à 32 km si le véhicule porteur se trouve dans un endroit dégagé, élevé.

Les dix fréquences d'émission possibles sont prises dans un choix de 80 bandes de fréquences : on préétablit les dix en choisisant dans les 80 quartz, on prend de même les 10 jeux de bobinages correspondants parmi les 80 jeux fabriqués pour cet équipement.

Les fréquences d'émission possibles s'échelonnent de 20 à 27,9 Mc/s, soit de 15 mètres à 10,75 mètres de longueur d'onde. La modulation en fréquence est de ± 40 kc/s.

Les quartz pilotes sont taillés pour une fréquence 54 fois plus petite, le pilote étant suivi d'étages multiplicateurs de fréquence; ils vont donc de 370,3 à 516,6 kc/s; et l'on a :

$$f_{em} = F_{quartz} \times 54$$

L'émetteur comprend sept tubes VT 164 (= 1619) et un tube VT 165 (= 1624). Ces huit tubes sont des tétrodes (2 grilles) à faisceau électronique dirigé. Elles sont à chauffage direct, pas de cathode, donc échauffement instantané.

Nous avons :

Oscillatrice 1619	F
1re amplificatrice HF 1619	F
Redresseuse pour modulation 1619	9 F
Doubleuse HF 1619	18 F
Tripleuse de fréquence 1619	54 F
Ampli HF de puissance 1624	54 F
Modulation : 1re BF 1619	ampli des micros
2e BF 1619	ampli des micros

Etude de la modulation par déphasage avec bobine a fer saturé. — Supposons que la fréquence du quartz mis en service soit de 400 kc/s (pour émettre sur 21,6 Mc/s, soit 13,89 m de longueur d'onde. C'est la bande appelée *n° 16* sur les SCR 508, 528 ou 538. Les figures 265 *bis* A, B et C nous donnent le schéma complet de l'émetteur BC 604 équipant ces installations. Le cristal Qu contrôle l'oscillation de la première lampe 1619 sur 400 kc/s, la fréquence centrale émise sera donc *stable* puisque obtenue par multiplication de la fréquence de ce pilote à quartz.

Nous remarquons que le cristal, au lieu d'être entre grille et masse, se trouve entre grille (par 50 Ω) et une tension positive (+ 100 V) prise dans le circuit

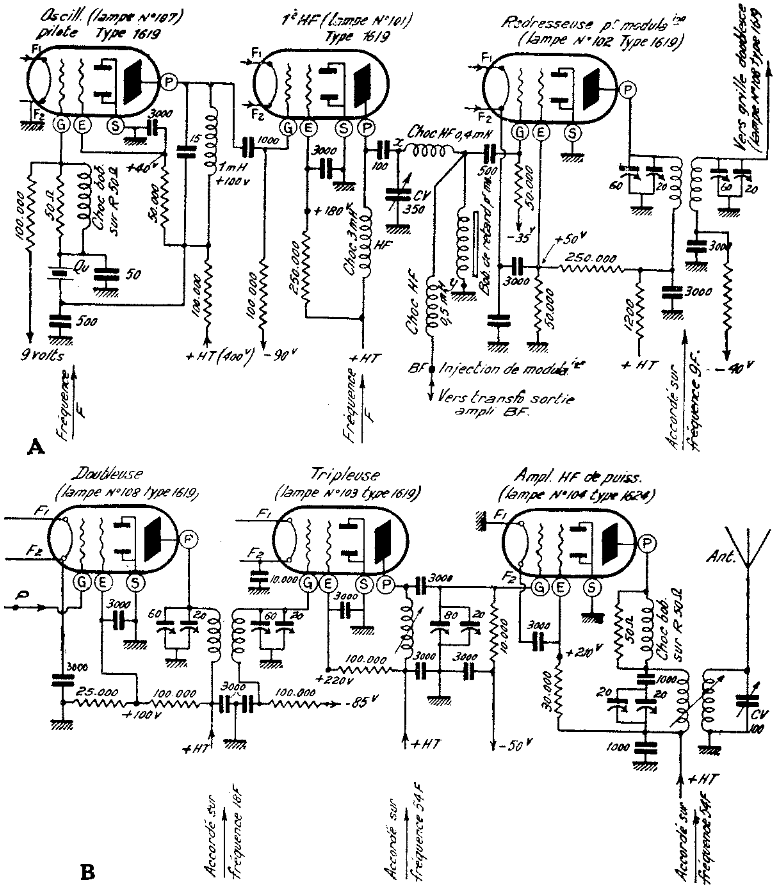


Fig. 265 *bis*

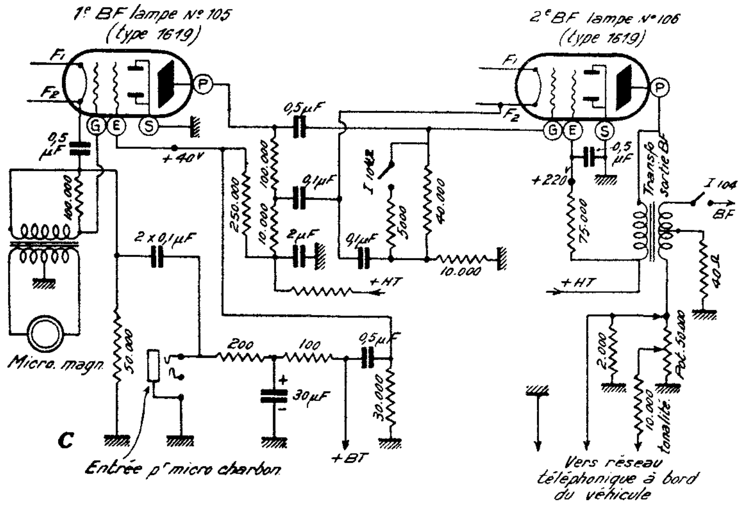


Fig. 265 *bis*

A, B et C : Schéma complet de l'émetteur B.C. 604 des installations SCR 508 et 528 des chars d'assaut, autos blindées, etc...

A. Les 3 premiers étages d'émission, avec modulation en fréqunce par déphasage du signal H.F. dans la bobine L. 104 et écrétage et sélection de l'harmonique 9 par la lampe n° 102.

B. Etages amplificateurs et multiplicateurs de fréquence et étage de puissance H.F. attaquant l'antenne d'émission.

C. Amplificateur B.F. avec 2 types de micros, attaquant soit l'émetteur (point « BF »), soit le réseau téléphonique à bord du véhicule.

plaque. Cette tension de 100 volts est découplée par 500 pF seulement et cette capacité sert de réaction à l'oscillation. Ainsi le quartz établit plus rapidement son oscillation et celle-ci est plus ample.

La lampe suivante (1re HF) amplifie le signal qui, à la grille, est encore une onde non modulée de fréquence F (ici 400 kc/s).

La self de plaque de 3 millihenrys n'est pas accordée, elle joue le rôle de « choc » et renvoie le signal sur le circuit accordé comprenant une self de 0,4 millihenry et un CV de 350 picofarads. Mais ce circuit accordé comprend une self à noyau de fer L 104 que nous appellerons « *bobine de retard pour modulation* ».

Le noyau magnétique a des dimensions telles que le seul courant HF provenant du signal appliqué entre les bornes x et y le sature (environ 300 mA à HF). Il s'en suit que la self-induction du circuit saturé donne à chaque alternance du signal HF une surtension élevée; celle-ci déforme la sinusoïde et lui donne une crête aiguë, à chaque alternance. La lampe suivante, dite « redresseuse pour modulation », une 1619, est polarisée négativement (—35 volts) de telle façon qu'elle se conduit comme une détectrice plaque (voir paragraphe 258 de la théorie dans ce volume) et elle ne laisse passer que les crêtes du signal.

Par ailleurs, au point M on a injecté un courant basse-fréquence venu de la sortie de l'amplificateur attaqué par les micros (fig. C). Ce courant BF traverse donc aussi la bobine à fer saturé. Les pointes de signal HF sont déphasées par le signal BF, mais ces pointes HF, étant donné leur forme aiguë, peuvent être considérées comme la superposition de plusieurs ondes HF toutes modulées en fréquence par le signal BF, et dont les fréquences centrales s'échelonnent ainsi : F (400 Kc/s), 2 F (800 Kc/s, 3 F (1.200 Kc/s, 4 F (1.600 Kc/s), etc... jusqu'à au

moins 9 F (3.600 Kc/s). De toutes ces oscillations harmoniques, de fréquence « balayée », nous allons sélectionner la neuvième (harmonique 9) simplement en accordant le circuit plaque de la « redresseuse pour modulation » sur 3.600 Kc/s. Cet harmonique, avec les valeurs de self saturée et de tensions choisies, se trouve balayé à la cadence du signal BF d'environ 3.593 Kc/s à 3.607 Kc/s, soit une modulation en fréquence (à la cadence des sons qu'on veut transmettre) de $\pm$ 7 Kc/s.

Les étages HF amplificateurs qui vont suivre sont des *multiplicateurs* (grille de commande polarisée négativement et circuit plaque accordé sur une fréquence multiple de la fréquence de leur circuit grille). On a ainsi une multiplication par 2 par la lampe n° 108, puis par 3 par la lampe n° 103. A la grille de l'amplificatrice de puissance type 1624 (n° 104) on a un signal HF de $3.600 \times 2 \times 3 = 21.600$ Kc/s ou 21 Mc/s, mais dévié en fréquence de $\pm 7 \times 2 \times 3 = \pm 42$ Kc/s, à la cadence BF.

Et il est bon de nous rappeler que nous sommes partis d'une fréquence pure, contrôlée par quartz, donc la fréquence centrale est stable.

293-6. — Emetteurs à étage pilote à quartz, suivis d'une modulation en fréquence par déphasage de la porteuse à la sortie du pilote (émetteur-récepteur de police L.M.T. sur véhicule, type ERM 3463 DX-1). — Cet émetteur-récepteur de phonie en modulation de fréquence, de puissance 12 watts-antenne, de portée 10 à 60 km avec antenne 1/4 d'onde de 70 cm, placée sur le toit du véhicule, utilise la modulation de phase à la sortie de l'étage pilote.

La figure 265 *ter* montre dans sa première partie les circuits de l'émetteur tels qu'ils sont réalisés dans le pupitre de commande sur la position « émission ».

Les 5 quartz permettent d'avoir 5 canaux préréglés, à choisir parmi 11 proposés par le fabricant entre 85,5 et 90,5 Mc/s. Une multiplication de fréquence par 16 sera réalisée par 4 étages doubleurs successifs, le quartz oscille donc entre 5,3 et 5,7 Mc/s selon le choix.

Deux circuits accordés L531 avec 33 pF aux bornes et L541 avec 33 pF également, sont couplés en tête par 2,2 pF. Ils ont chacun en parallèle un tube à réactance variable (voir paragr. 267 de la théorie) qui, sous l'influence de la modulation venue du microphone, fait « glisser » la fréquence d'accord de chacun des circuits accordés.

La fréquence du signal appliqué à l'ensemble, signal venu de l'oscillatrice 6AM6 quartz, se déplace au rythme de la modulation, par suite du déphasage obtenu par les circuits couplés; la variation d'amplitude du signal est au contraire négligeable.

Pour un signal basse fréquence maxi au microphone, le balayage est de l'ordre de 1 kc/s, ce qui donne après la multiplication de fréquence, 16 kc/s de déviation max., du signal rayonné par l'émetteur (pour une fréquence BF de 1.000 kc/s).

Les fréquences aiguës sont avantagées grâce à une réponse croissante à raison de 6 décibels par octave de la gamme acoustique. Ceci permet une meilleure réponse à la réception et un accroissement d'intelligibilité.

La fréquence porteuse, modulée en téléphonie est disponible au point M. Sur la position « émission », le tube qui suit (6AM6) est un amplificateur doubleur de fréquence, car son circuit anodique est accordé sur l'harmonique 2, ici de 10,6 à 11,4 Mc/s selon le quartz en service sur l'oscillatrice pilote (voir principe de la multiplication de fréquence, paragr. 288).

Ce tube a une autre fonction en réception (oscillateur local) et c'est pourquoi un circuit accordé de sortie dont la fréquence d'accord est différente de celle de sortie émission, se trouve présent en L_R. Toute la zone cernée d'un pointillé n'a aucun rôle en position « émission ». Le signal modulé de fréquence centrale 10,6

à 11,4 Mc/s sort donc en émission aux bornes du circuit L_e et il attaque un câble coaxial d'impédance 50 ohms, pour liaison au reste de l'émetteur, dans un bloc distinct du pupitre de commande.

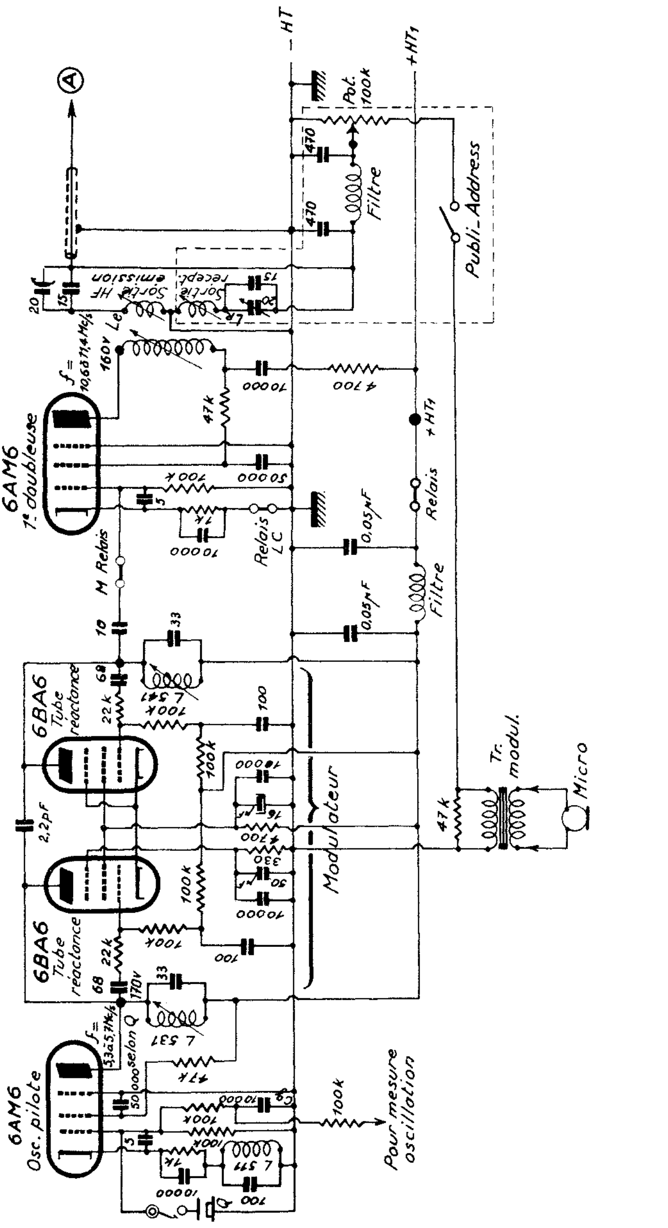


Fig. 265 ter. 1ère partie - Les circuits d'émission de l'appareil émetteur-récepteur LMT à modulation de fréquence pour police, pompiers, etc... type ERM 3463.

La figure 265 *ter* 2e partie nous montre de ce bloc les étages amplificateurs d'émission, tous doubleurs de fréquence, leurs circuits de plaque étant chaque fois

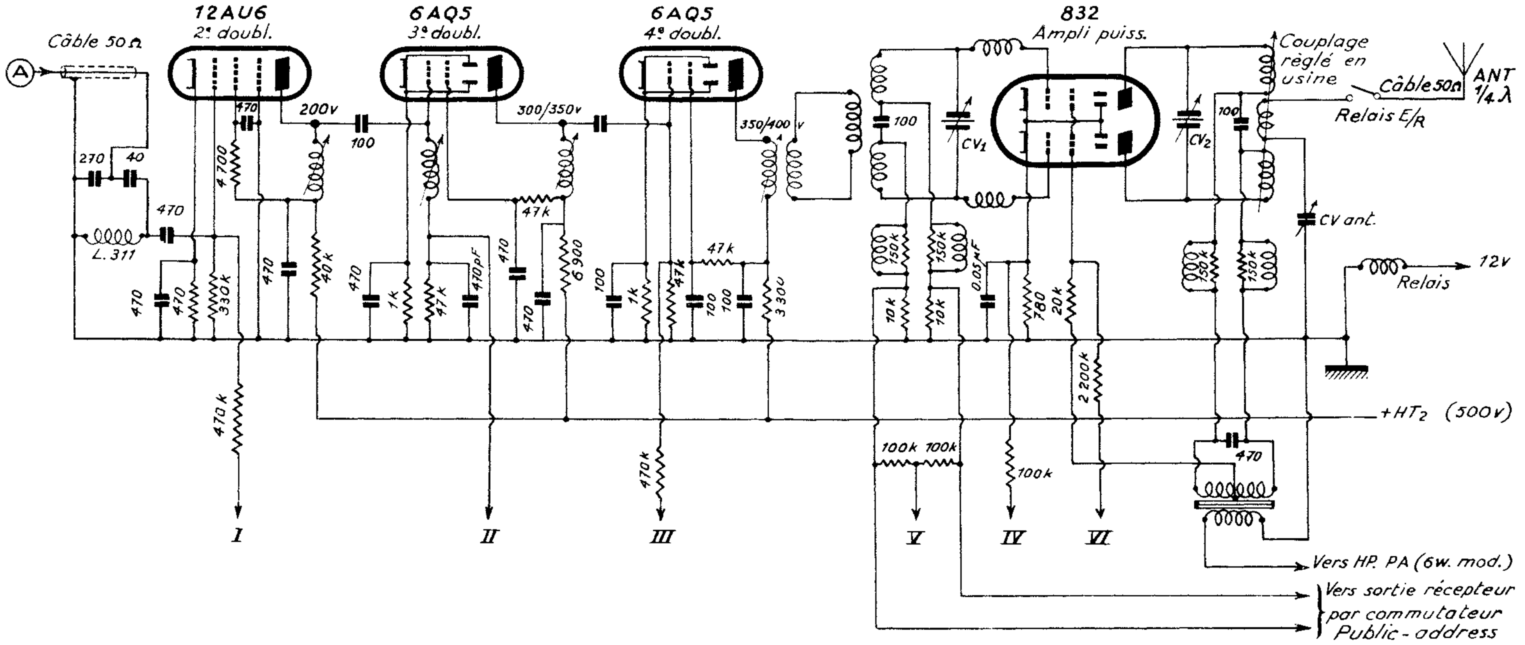


Fig. 265 ter. 2ème partie - Lorsque nous avons indiqué deux valeurs de tension anodique pour un tube, exemple 300/350 V pour le 3ème doubleur 6AQ5, la première valeur concerne l'émetteur émettant un signal, la seconde l'émetteur étant au repos. Les mesures sur l'émetteur sont prévues par prises sur un distributeur. Voici les contrôles prévus pour chaque repère signalé sur notre schéma : Mesure I - mesure signal grille 2ème doubl. Mesure II - mesure signal grille 3ème doubl. Mesure III - mesure signal grille 4ème doubl. Mesure IV - mesure tension cath. 832. Mesure V - mesure signal grille ampli puissance. Mesure VI - mesure tension écrans 832.

accordés sur l'harmonique deux du signal que chacun reçoit à sa grille (tubes 12AU6, 6AQ5, 6AQ5).

L'étage de puissance est symétrique, classe C (revoir le principe, paragraphe 289-5 *bis*) ; il utilise le tube 832 groupant deux tétrodes de puissance à faisceaux électroniques dirigés, donnant, avec 500 volts plaque, 12 watts haute fréquence dans le circuit d'antenne (portée sur ces fréquences : 10 à 60 km). Un câble coaxial 50 ohms attaque l'antenne fouet 1/4 d'onde (en fait 97/100 du quart de la longueur d'onde, soit 80-85 cm de long). Remarquons que 85,5 à 90,5 Mc/s donnent 3,50 à 3,30 mètres de longueur d'onde.

Les condensateurs variables CV_1 et CV_2, dits « papillons », à un groupe d'armatures mobiles tournant entre deux fixes, accordent respectivement les circuits grille et les circuits plaque de l'amplificateur symétrique de puissance.

Leur réglage est simplifié par des repères en face desquels on immobilise la fente de leur axe de commande. Cela suffit, les repères étant convenus sur un tableau correspondant aux quartz choisis. On peut noter que le réglage optimum de CV_1 et CV_2 correspond à une diminution de la tension des écrans 832 (mesurée entre VI et la masse (vers 250 V) et que le réglage optimum de CV antenne correspondra ensuite à une augmentation de cette tension (vers 270-275 V). Un mesureur de courant d'antenne que peut fournir le fabricant permet de vérifier la puissance de sortie HF de l'émetteur ; à défaut, on peut utiliser un tube témoin au néon qui, approché du sommet de l'antenne, peut permettre le réglage maximum d'éclat du condensateur variable d'antenne. Cependant, pour ce dernier également, un cadran avec repère a été prévu pour simplifier la mise en service.

Nous reparlerons de cet émetteur-récepteur à modulation de fréquence au chapitre « Réception FM ») (paragr. 315 *quinquiès*).

293-6 *bis*. — Emetteurs FM pilotés par cristal, suivis d'une modulation de fréquence par déphasage sur l'étage séparateur (appareils S.F.R. types MF 460, dernière version MF 833). — Nous avons décrit ci-dessus avec les appareils BC-604 des SCR 508-528 des chars d'assaut et avec l'appareil L.M.T. pour véhicules, etc., le principe des circuits.

La figure 265 *quarter* donne le diagramme des circuits du S.F.R. MF 460 très utilisé également (police, pompiers, installations portuaires, etc.).

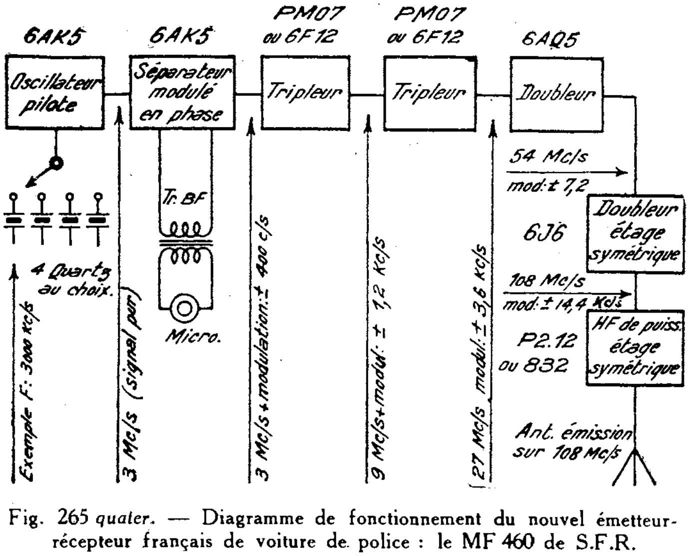


Fig. 265 *quater*. — Diagramme de fonctionnement du nouvel émetteur-récepteur français de voiture de police : le MF 460 de S.F.R.

Caractéristiques des tubes employés dans l'émetteur :

6 AK 5 : penthodes HF, à grande pente (5 mA/V), chauffées sous 6,3 volts, 175 mA, cathode ch. indirect.

PMO 7 (C F 12) : penthode HF, amplificatrice de tension, chauffée sous 6,3 volts.

6 AQ 5 : tétrode de puissance, pente 4 mA/V, chauffée sous 6,3 volts, 450 mA, ch. indirect.

6 J 6 : double triode, à grande pente (5 mA/V), chauffée sous 6,3 volts, 450 mA, ch. indirect.

PM 2.12 (832) : double tétrode à faisceau dirigé, spéciale pour O.T.C., chauffée sous 6,3 volts, 1,6 ampère ou 12,6 volts, 0,8 ampère, 400 volts aux plaques, 250 volts aux écrans, 60 volts aux grilles, pour sortie 15 watts-antenne avec 0,18 watt à l'entrée, entre grilles.

Le type MF 833 S.F.R. atteint 20 watts-antenne.

6° TRANSMISSION DES SIGNAUX PAR LES EMETTEURS A ONDES ENTRETENUES PILOTES OU NON

L'onde entretenue créée par les lampes doit porter les signaux à transmettre : ou elle sera hachée en points et traits par un manipulateur coupant l'oscillation à volonté (*radiotélégraphie*), ou elle portera les variations à basse fréquence créées par la voix devant un microphone (*radiotéléphonie*).

Nous allons étudier pratiquement les différents montages qui permettent d'arriver à ces résultats.

294. — Radiotélégraphie : le manipulateur et son branchement. — Les *manipulateurs* consistent essentiellement en un levier horizontal pivotant au tiers de sa longueur et portant à l'extrémité du bras le plus long le bouton de manœuvre. Un ressort de rappel le relève après pression de l'opérateur; des vis-butées limitent sa course qui doit être de 1 ou 2 millimètres au maximum (mesurée entre le contact et la touche de contact).

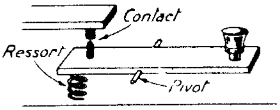


Fig. 266

Principe d'un manipulateur type militaire encastré dans le coffret de l'appareil

Les manipulateurs types militaires sont, soit placés dans un coffret métallique, la touche de manœuvre étant seule extérieure (modèles employés sur avions), soit encastrés verticalement dans le panneau avant des émetteurs-récepteurs ou du poste de commande; on les rabat horizontalement au moment de la mise en service de l'appareil. Dans ce cas, le contact est placé à l'extrémité du levier qui se trouve à l'intérieur de l'appareil (principe fig. 266).

BRANCHEMENT DU MANIPULATEUR. — L'émission doit être interrompue lorsque le contact cesse. Il suffit pour cela que le manipulateur coupe l'un des circuits essentiels de la ou des lampes oscillatrices ou des lampes amplificatrices. C'est ainsi qu'on pourra le placer :

1° *Soit en coupure dans le retour du circuit grille, vers le filamen et le —HT;* c'est un procédé assez employé, car le courant grille est souvent faible; il n'y a pas d'étincelles à chaque rupture de contact. C'est ce qui a été réalisé dans les postes du schéma de la figure 245, et du schéma 1 de la figure 260.

2° *Soit en coupure à la fois dans le circuit grille, le circuit plaque et le circuit d'antenne;* en empêchant leur retour vers le —HT, et pour l'antenne, vers la terre; le courant plaque venu de la source HT produirait des étincelles qui gêneraient la réception; aussi prévoit-on parfois en parallèle sur le manipulateur une résistance qui évite la coupure complète, dont les étincelles puissantes.

Ce procédé est aussi employé grâce à un contacteur multiple actionné par un relais (électro-aimant) sur les émetteurs modernes. Mais au lieu d'être coupés, les circuits sont dérivés ou mis à la masse. Voici un exemple : *le manipulateur levé coupe l'antenne de l'émetteur, mais l'envoie au récepteur*; en même temps *les écrans des lampes amplificatrices* au lieu de recevoir le potentiel positif nécessaire *sont mis au —HT*. Ainsi toute émission est stoppée. Mais *le circuit plaque de l'oscillatrice est coupé également.* C'est la solution par exemple de l'émetteur SARAM 3-10, en trafic « rapide »;

3° *soit uniquement sur l'alimentation des écrans des lampes amplificatrices ou oscillatrices*, mais en les réunissant au —HT au lieu du + HT qui leur est nécessaire. C'est par exemple le cas de l'émetteur SARAM 0-12.

4° *Soit en coupure dans l'alimentation haute tension*, dans le fil de branchement au —HT; il y a là encore risque d'étincelles qui gênent à la réception. Aussi est-il employé avec résistance en parallèle qui réduit à néant l'alimentation HT lorsque le manipulateur est levé dans le système de l'émetteur schéma 2 de la figure 261 ;

5° *Soit en donnant à la lampe oscillatrice une polarisation négative de grille* qui annule son courant plaque et bloque ainsi son fonctionnement. C'est le cas de l'émetteur schéma 4 de la fig. 253 SFR AS-59, où la lampe est bloquée par une tension de — 140 volts sur la grille lorsque le manipulateur est levé (voir fig. 267 *bis* et sa légende) . Voir aussi l'émetteur de détresse 1F-2F par. 291 *bis*, fig. 260 *ter*.

6° *Soit en coupure dans l'alimentation générale de la lampe*, quand la haute et la basse tension sont fournies par une même source. Ainsi, lorsqu'un alternateur alimente les transformateurs BT et HT, le manipulateur coupe l'un des fils de branchement de l'alternateur; c'est le cas pour le poste de bord B41 K (schéma 5 de la figure 245).

294 *bis*. — (Nouveau paragr.). Radiotélégraphie : manipulation par déplacement de fréquence (dit « *shifting* » ou F_1). — Ce procédé moderne consiste, au lieu d'interrompre l'émission du signal par un des systèmes décrits au paragraphe précédent, à maintenir constamment l'oscillation, mais à en changer la fréquence. Les étages d'amplification HF qui suivent ce dispositif dans la chaîne d'émission, étant sélectifs, n'amplifient que le signal de fréquence résultante; or celui-ci n'existe que pendant les points et traits de la manipulation.

Exemple : l'émetteur de 10 kW sur OC de S.F.R. type graphie F1, actuellement construit en série pour les stations coloniales privées et administratives, pour les gouvernements étrangers, les P.T.T., la Marine, etc... est réglé par exemple pour émettre sur 15 mètres de longueur d'onde (20.000 Kc/s), en télégraphie. On choisit la transmission F_1, c'est-à-dire « graphie manipulée par déplacement de fréquence ».

Dans l'émetteur, le maître-pilote, à cristal de quartz, oscille sur 5.000 Kc/s. Après un premier étage HF, deux étages doubleurs successifs portent le signal à 20.000 Kc/s. Celui-ci est appliqué à la grille d'un tube changeur de fréquence ECH 33 (nouvelle fig. 266 *bis*) triode-hexode.

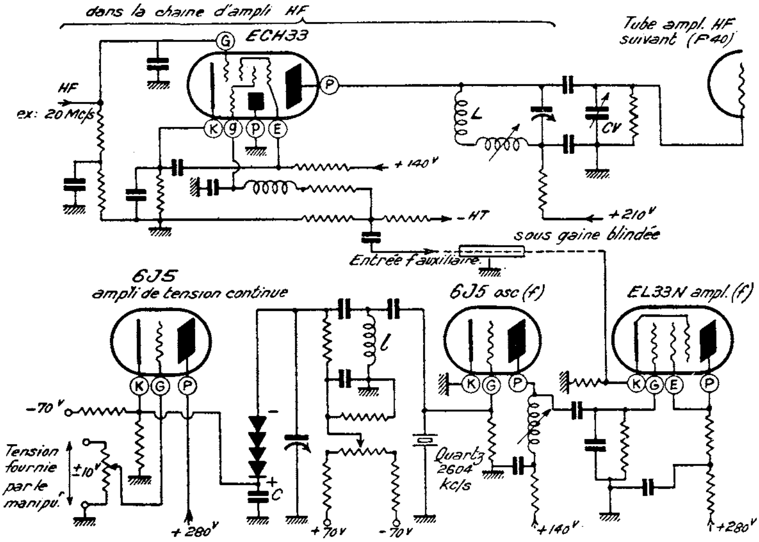


Fig. 266 *bis*
Dispositif de manipulation par déplacement de fréquence réalisé sur l'émetteur S.F.R.

Si l'on voulait émettre en télégraphie sur ondes pures avec manipulation classique devant bloquer l'émetteur entre les points et les traits, on accorderait le circuit-plaque de la ECH 33, circuit-self L et CV, sur la fréquence du signal d'entrée, donc sur 20.000 Kc/s et c'est ce signal qui continue sur cette fréquence dans la chaîne d'amplification qui comprend encore 4 étages ampli HF.

Mais nous choisissons la manipulation F_1. Pour cela un oscillateur à quartz à tube 6 J 5 (nouvelle figure 266 *bis*) va créer une oscillation sur 2.604 Kc/s. Ce quartz reçoit en parallèle une self *l* qui compense sa capacité interne et écarte ainsi la fréquence d'antirésonance de ce cristal de sa fréquence propre de résonance. Il suffit de modifier la capacité apparente aux bornes du quartz pour obtenir un glissement de 600 périodes/seconde de la fréquence.

Pour cela le manipulateur applique une tension continue de ± 10 volts, selon sa position, à l'entrée d'un tube 6 J 5 qui amplifie cette tension négative et l'ap-

plique dans un circuit formé d'un redresseur sec D et d'une capacité C. Ce dispositif, lorsque le manipulateur envoie la tension d'entrée, modifie la fréquence du quartz.

Une lampe EL 33 amplifie la fréquence auxiliaire créée par la seconde 6 J 5 sur 2.604 ± 0,6 Kc/s et l'applique à la grille d'injection g de la mélangeuse ECH 33. Il y a battement entre les deux signaux : le principal 20.000 Kc/s et l'auxiliaire 2.604 ± 0,6 Kc/s. Le signal résultant, égal à la différence de ces fréquences, sera amplifié, les circuits suivants, à commencer par le circuit L-CV de la plaque du tube ECH 33, étant alors accordés sur lui.

Le groupe émetteur-récepteur **EM 405 de S.F.R.**, qui, à bord d'un camion, assure sur 10 à 150 m de longueur d'onde, les transmissions à grande distance, utilise, pour l'attaque des télétypes qui inscrivent directement les lettres du message manipulé en morse, le principe de la télégraphie F_1 à déplacement de fréquence ci-dessus exposé.

La porteuse émise est stabilisée grâce aux circuits « stabilidyne » (voir paragr. 289-5).

Le signal est décalé en fréquence, par la manipulation, de 850 c/s. Les récepteurs obtiendront une fréquence intermédiaire de 60 kc/s, puis de 2,5 kc/s, mais toujours affectée de ± 425 c/s de déplacement de fréquence. Un discriminateur tirera de cette déviation la tension de commande des télétypes. D'après les points et les traits pendant lesquels cette tension apparaît, s'inscriront directement lettres et chiffres sur la bande réceptrice.

295. — Radiotélégraphie sur ondes entretenues pures, dite A1. — La plupart des émetteurs que nous avons considérés peuvent émettre en entretenues *pures*. L'onde a une amplitude constante; elle ne produira aucun son par elle-même à la réception; elle est simplement découpée par le manipulateur en tranches plus ou moins longues représentant des traits et des points de l'alphabet Morse; pour les entendre, il faudra que le récepteur soit équipé pour pouvoir, avant de détecter l'onde, lui ajouter une déformation variable à basse fréquence qui donnera pendant la durée de chaque trait et de chaque point un son dans l'écouteur. Nous étudierons cette particularité des récepteurs au chapitre « détectrices à réaction » (paragraphe 304 et au chapitre oscillateurs locaux adjoints aux superhétérodynes (paragraphe 313).

Bien des émetteurs modernes peuvent soit émettre en radiotélégraphie pure, soit en radiotélégraphie modulée. Pour l'émission sur ondes entretenues pures, il suffit que le dispositif modulateur que nous allons étudier ci-après soit court-circuité. Un contacteur pures-modulées suffit à cette manœuvre. Ainsi pour l'émetteur du schéma 3 fig. 252, il suffit que la 3e grille des amplificatrices HF soit réunie à la masse (—HT) pour que la modulation injectée par cette grille soit supprimée.

L'émission sur ondes entretenues pures a une portée plus grande que l'émission sur ondes entretenues modulées, à puissance égale d'alimentation, car la puissance dans l'antenne est plus grande sans modulation.

295 *bis*. — Radiotélégraphie sur ondes entretenues modulées *dite* A2. — Cette fois, l'onde porte un son elle-même, un son à une fréquence constante (note assez aiguë). Pendant la durée de chaque trait et de chaque point, grâce au manipulateur, il y a émission; pendant chaque tranche d'onde ainsi obtenue, le son basse fréquence

qu'elle porte, extrait grâce à la détection (voir paragraphe 238) fait vibrer l'écouteur : sons longs ou sons courts. Il faut donc créer une oscillation basse fréquence qui sera chargée de *moduler* l'onde HF.

Plusieurs procédés sont possibles.

1° *Modulation de l'onde grâce à l'alimentation de la plaque de la lampe oscillatrice par une source de courant alternatif à basse fréquence au lieu d'une source de courant continu.* C'est le procédé employé sur des émetteurs d'avions où l'alimentation HT, comme l'alimentation BT d'ailleurs, était fournie par un transformateur dont le primaire est parcouru par le courant alternatif produit par l'alternateur Y. Cet alternateur, étudié en électricité au paragraphe 187, donne un courant à la fréquence de 900 périodes par seconde.

La lampe oscillatrice aura donc l'amplitude de son oscillation variable 900 fois par seconde, étant coupée 900 fois par seconde, chaque fois que la plaque est négative (fig. 266 *ter*). On a bien une onde modulée à 900 périodes, et le son extrait à la détection au récepteur sera un son de 900 périodes.

Pareillement, le poste de bord B41K, schéma 5 de la fig. 245 *bis*, était alimenté en haute tension par un alternateur dont le courant a une fréquence de 600 périodes/seconde. L'oscillatrice n'ayant sa plaque positive que 600 fois par seconde (voir fig. 266 *ter*), le signal HF émis était haché à cette fréquence, d'où réception après détection de signaux sonores de fréquence 600.

2° *Modulation de l'onde grâce à l'alimentation de la plaque de la lampe oscillatrice HF par une tension variable prise à la plaque d'une*

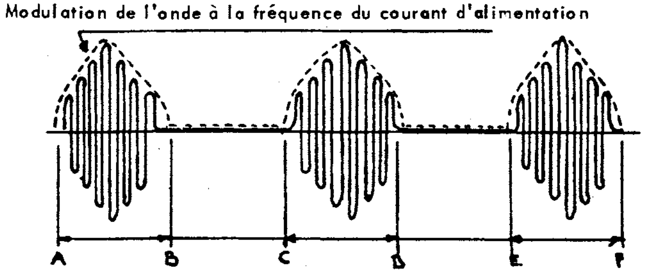


Fig. 266 *ter*
Onde modulée, la plaque de la lampe oscillatrice n'étant positive que pendant le courant HT fourni est positif (AB, CD, EF), il n'y a pas d'oscillations pendant les alternances négatives du courant HT (BC, DE, etc...).

deuxième lampe montée en oscillatrice basse fréquence, et appelée lampe modulatrice. Ce procédé est celui utilisé par l'émetteur dont nous avions étudié le principe d'émission par le schéma 3 de la figure 245.

Nous donnons le schéma de la partie modulation de cet émetteur, appliquant le procédé que nous venons d'énoncer et que nous allons expliquer (fig. 266 *quater*).

A la lampe oscillatrice HF produisant l'onde et montée comme nous l'avions vu en Hartley en dérivation (partie du schéma à gauche de la ligne pointillée), est adjointe une deuxième lampe dite modulatrice. Pour l'émission en radiotélégraphie (car l'appareil peut aussi assurer la radiotéléphonie), cette lampe modulatrice oscille sur une fréquence fixe : en effet, le transformateur BF à fer (rapport 1/1) reporte l'énergie du circuit plaque sur le circuit grille, et ce montage est analogue aux montages de lampe oscillatrice étudiés ; mais la fréquence est bien plus basse, les enroulements du transformateur BF ayant une self bien plus élevée que les bobinages HF d'une lampe oscillatrice ordinaire. Cette fréquence d'oscillation se trouve dans la gamme des sons audibles : généralement entre 600 et 1.000 périodes.

Pour que la lampe oscillatrice HF qui produit l'onde en soit affectée, il suffit de relier les deux plaques ensemble, en intercalant toutefois un bobinage à grand nombre de spires (1.000 à 3.000) dite self de choc, qui présente pour l'oscillation HF une très forte impédance et l'empêche de s'égarer vers la modulatrice.

L'onde émise par le système oscillateur HF de la partie gauche du schéma est ainsi *modulée* à la fréquence du système oscillateur BF de la partie droite du schéma (fig. 266 *quater*).

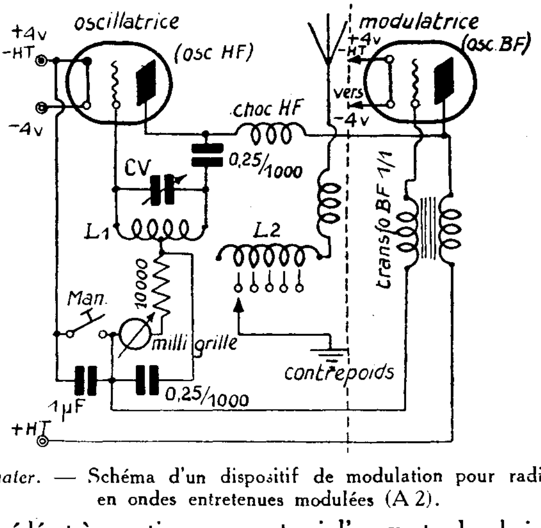


Fig. 266 *quater*. — Schéma d'un dispositif de modulation pour radiotélégraphie en ondes entretenues modulées (A 2).

Ce procédé, très pratique, permet, si l'on veut, de choisir la *note* musicale du son : il suffira de placer en parallèle sur le primaire ou le secondaire du transformateur BF de la lampe modulatrice (circuit grille ou circuit plaque) un petit condensateur de 0,5 à 2/1.000 de μF pour accorder sur une fréquence différente. (Plus C est petit, plus la fréquence obtenue sera élevée puisque $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, comme nous l'avons appris au paragraphe 211).

3° *Modulation de l'onde (en télégraphie) par injection d'une tension basse fréquence sur l'une des électrodes d'une lampe oscillatrice ou amplificatrice de l'émetteur.* Il sera plus facile de faire cette injection au dernier étage de l'émetteur si celui-ci comporte plusieurs étages d'amplification, car le signal pur a une amplitude plus faible que le signal modulé. En ne modulant qu'à la sortie, les étages préamplificateurs ne sont pas surchargés.

Mais il faut introduire alors à l'électrode choisie de la dernière lampe une tension BF d'autant plus puissante afin de moduler suffisamment l'onde HF (revoir en 2e partie le paragraphe 224 sur le principe de la modulation).

La lampe, oscillatrice ou amplificatrice HF, qui reçoit la modulation BF est le plus souvent une penthode. Le dernier étage de puissance d'un émetteur, nous l'avons vu (schémas fig. 249-252-254-261-262-263) est équipé par des penthodes dans la majorité des cas.

L'électrode choisie pour l'injection est parfois la 1re grille, le circuit HF ayant son retour sur un transfo BF recevant la tension BF (voir fig. 267 *bis* SFR AS-59) ; c'est aussi parfois l'écran, mais plus souvent la 3e grille de la penthode HF.

Exemple : l'émission en graphie « modulées » type A2, sur l'émetteur de Marine Marchande MZ 307, sur 405 à 525 kc/s se fait par injection d'un fréquence musicale sur la troisième grille des tubes de puissance.

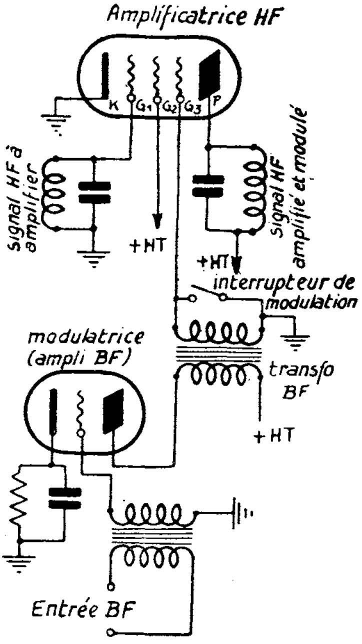


Fig. 267
Principe de la modulation d'un émetteur par la troisième grille de la dernière amplificatrice.

En effet, cette 3e grille qui est, soit reliée à la cathode soit au —HT, n'a pas à recevoir de tension positive. Il est simple de monter entre elle et la masse le secondaire d'un transformateur BF dont le primaire sera excité par la tension BF de modulation. Ainsi, la 3e grille fera varier le flux d'électrons de l'amplificatrice HF à la cadence BF : *Modulation* (voir paragr. 224).

Le schéma de principe fig. 267 explique le montage.

Le *son* de modulation est donc appliqué à l'entrée d'un amplificateur BF analogue aux étapes basse fréquence d'un récepteur (paragraphes 254-255-256 en théorie radio, et 307-311-315 de la technologie). Il peut comporter plusieurs étages à lampes, le dernier étant

un étage de puissance dans lequel est monté le transfo BF.

D'où viendra ce son? Puisqu'il s'agit de radiotélé*graphie*, c'est une

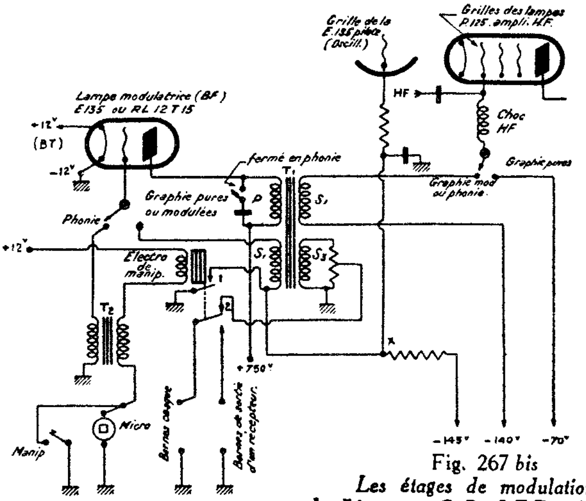


Fig. 267 *bis*
Les étages de modulation de l'émetteur O.C. S.F.R. AS-59.

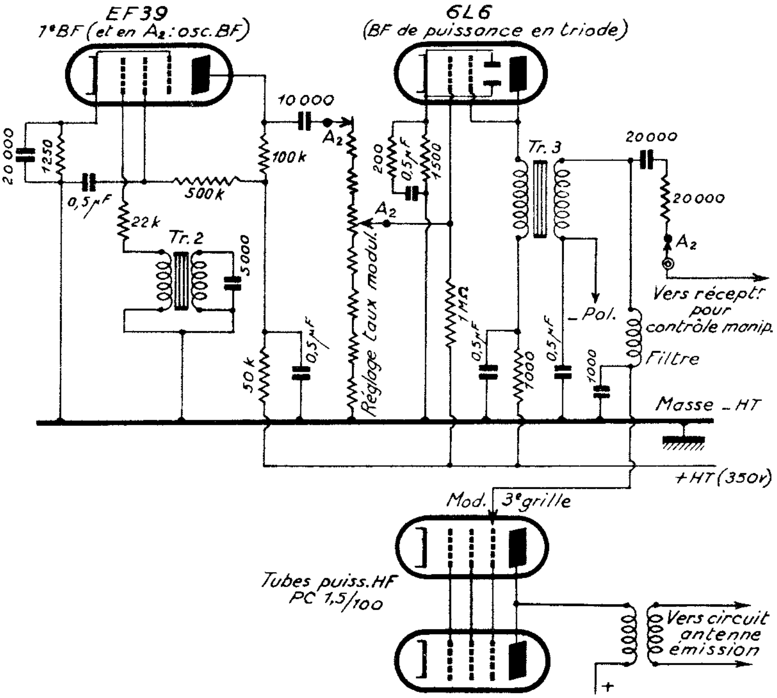


Fig. 267 ter - Emetteur de marine marchande MZ 307 SIPL Radio-Océan : schéma des circuits de modulation attaquant l'émetteur ondes hectométriques lorsqu'on émet en graphies modulées (A_2).

(Voir aussi fig. 272 bis pour A_3 et A_1).

oscillation BF régulière, un son constant de 600, 800 ou 1.000 périodes par exemple qui est désiré.

On peut le créer par l'oscillation d'une lampe triode : Montage de la lampe oscillatrice BF du schéma de la figure 266 qui attaquerait donc les bornes « entrée BF » du schéma de la figure 267.

MODULATEUR A_2 DE L'ÉMETTEUR DE MARINE MARCHANDE MZ 307 RADIO-OCÉAN. — Il illustre parfaitement le principe étudié ici : Oscillation BF d'une lampe (ici EF39) dont le circuit grille et le circuit plaque sont couplés par un transformateur BF (TR2, fig. 267 *ter*), amplification BF de ce signal musical par un deuxième tube, de puissance (6L6) et attaque de l'émetteur ondes hectométriques par l'intermédiaire d'un transformateur de modulation dont le secondaire est branché aux 3ᵉ grilles des tubes amplificateurs HF de puissance (fig. 267 *ter*). L'oscillation sur 1 000 c/s donne à la graphie une note musicale stable et aiguë.

On peut utiliser un vibreur électro-mécanique dans lequel passe un courant pris aux accus de l'auto, de l'avion ou du navire.

L'organe appelé aussi « *vibrateur* » est constitué par un électro-aimant, et c'est exactement une sonnerie électrique branchée sur les 6, 12 ou 24 volts des accus, et dont l'écartement et la souplesse de la palette sont choisis pour obtenir une vibration assez rapide (fig. 268).

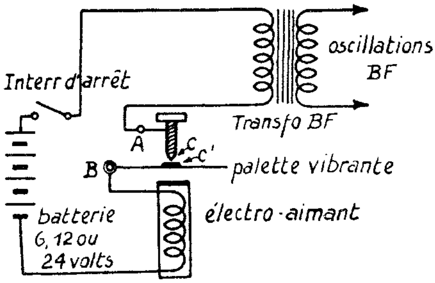


Fig. 268

Vibrateur BF. La palette vibrante est une lame d'acier très souple. Les contacts C C' sont argentés. D'autres types comprennent un contact-rupteur qui, au lieu d'être établi par électro-aimant, est commandé par la rotation d'une machine d'alimentation, par exemple du convertisseur HT. En bout d'arbre, un doigt établit un contact à chaque tour.

Ce vibrateur est placé sous un blindage métallique afin que les étincelles de rupture ne causent pas de perturbations dans le trafic de l'émetteur-récepteur. Dans d'autres cas, le « tikker » est un contact-rupteur établi par la rotation de l'arbre ou d'une des machines d'alimentation, par exemple le convertisseur HT.

Commentons, au point de vue télégraphie et manipulation, le schéma du modulateur de l'émetteur SFR AS-59, donné en fig. 267 *bis*.

En télégraphie (pures ou modulées) le manipulateur fait passer le 12 volts dans l'électro (dit « relais ») qui attire les palettes de contact. Voici l'explication des contacts assurés. *Manipulateur baissé* : le contact 1 met le retour du circuit grille

de la modulatrice, et aussi de l'oscillatrice pilote de l'émetteur (point x) à la masse (0 volts), alors que sans cela ces lampes seraient bloquées (plus de courant plaque), une tension négative de — 145 volts étant sur leurs grilles. Donc, l'oscillatrice HF (pilote) oscille et l'émetteur rayonne un signal HF. De même, la lampe modulatrice (BF) oscille, car P et S_1 sont couplés, transfo T_1. Le signal BF (son) est entendu dans le casque du manipulant, grâce au contact 2, le secondaire S_3 lui transmettant l'oscillation BF. Par ailleurs, le secondaire S_2 transmet ce même signal BF à la grille de l'amplificatrice HF, d'où modulation, si le commutateur est sur graphies modulées.

MANIPULATEUR LEVÉ. — Le contact 1 libère la tension de — 140 volts, le point x n'étant plus à la masse, les lampes sont bloquées, aucun courant plaque : aucune émission. Ceci correspond aux « blancs » entre traits et points des signaux Morse. Mais le contact 2, relâché aussi, branche le casque à écouteurs sur la sortie du récepteur.

C'est donc là un dispositif d'*écoute inter-signes* (revoir paragr. 290).

296. — Radiotéléphonie : modulation de l'onde par un courant BF traducteur de la parole ou de la musique. — C'est ce qui est obtenu dans les puissants émetteurs de radiodiffusion que tous les auditeurs de T.S.F. captent chaque jour avec leur récepteur. **(Emission dite " en A3 ")**

En Radio militaire, la radiotéléphonie permet au transmetteur de causer directement avec son correspondant : transmission plus rapide d'ordres verbaux, contrôle de la teneur d'un télégramme transmis auparavant en morse, liaisons qui nécessient des ordres brefs formulés aussitôt que pensés, et pour lesquels la rapidité d'exécution est plus importante que le secret de la transmission, mais elle ne détrônera pas la radiotélégraphie, car les brouillages en phonie sont beaucoup plus gênants qu'en graphie.

Plusieurs procédés de modulation sont possibles; tout d'abord, nous parlerons du microphone.

269-1. — LE MICROPHONE. — Il transforme les vibrations produites par la voix en variations correspondantes de courant électrique. Pour cela, dans le modèle le plus répandu, une plaque de charbon très fine placée devant l'embouchure vibre sous l'action de l'air ébranlé par les sons. Cette plaque vibrante placée devant les multiples contacts que forment des grains de charbon traversés par le courant électrique d'une pile, modifie les contacts par ses vibrations : il en résulte des variations correspondantes de la résistance formée par l'ensemble de la grenaille, et des variations correspondantes du courant de la pile.

Ce courant variable passe dans l'enroulement primaire d'un petit transformateur BF à rapport très élevé ($P/S = 1/30$ à $1/50$). Au secondaire, des variations de tension relativement importantes sont obtenues (fig. 269).

Pratiquement, la pile nécessaire au fonctionnement du microphone est souvent remplacée par la source basse tension qui chauffe déjà les filaments des lampes de l'appareil.

Il existe d'autres types de microphones : en effet, le microphone à

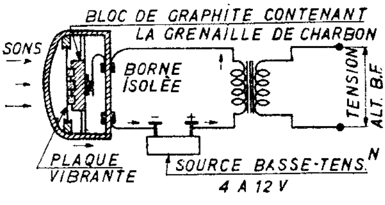


Fig. 269

Principe de fonctionnement d'un microphone à charbon avec sa pile et son transformateur. Le boîtier métallique du micro sert lui-même de conducteur au courant entre la plaque vibrante et le pôle — de la pile.

charbon, d'une fidélité très satisfaisante pour la transmission de la parole, ne pourrait transmettre fidèlement la musique. Aussi, les autres types (microphones électrodynamiques ou à ruban, microphones piézo-électriques, etc...) beaucoup plus coûteux et très fragiles, mais fidèles, sont surtout employés dans les émetteurs de radiodiffusion. Mais en radiotransmission on trouve soit les modèles à charbon, soit les piézo, soit les micros magnétiques. Les radios d'avion utilisent le *laryngophone*, non sensible aux bruits, car sa plaque vibrante est apposée sur le larynx du radio qui parle.

C'est un *microphone classique* qui est placé à l'intérieur du casque à oxygène des aviateurs. L'autre solution étant le *laryngophone* appliqué sur le gosier de l'aviateur, mais avec emploi d'un étage préamplificateur, ce dernier dispositif donnant une tension BF de sortie cinquante fois plus faible que celle donnée par un micro à charbon.

MODULATION EN AMPLITUDE (1)

296-2. — Premier procédé de modulation : *Montage par absorption.* — C'est le procédé le plus simple.

Le secondaire du transformateur du microphone est branché sur un bobinage de quelques spires couplé par voisinage avec l'une des selfs du système oscillant HF : l'amplitude de l'onde est modifiée par les oscillations basse fréquence développées dans ce bobinage. L'onde est modulée.

Ce procédé est schématisé exactement en figure 270.

296-3. — Autre procédé de modulation : *Une lampe dite modulatrice amplifie le courant BF fourni par le microphone, et la*

(1) *La modulation en fréquence a été décrite dans les paragraphes* 293-1, 293-2 *à* 293-6.

plaque de cette lampe est reliée à la plaque de la lampe oscillatrice HF productrice de l'onde. — Ce procédé est donc analogue à celui étudié pour la radiotélégraphie en ondes modulées : la lampe modulatrice n'est plus une oscillatrice BF fournissant une fréquence fixe cor-

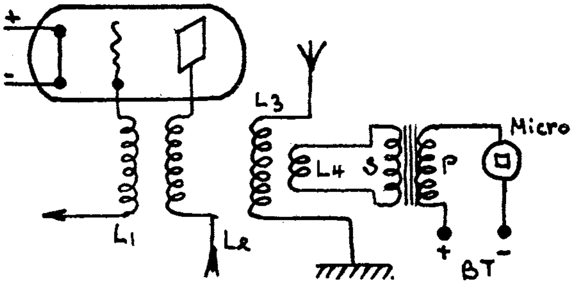


Fig. 270
Principe d'un procédé simple de modulation de l'onde par le courant BF issu du microphone. L_1, self de grille; L_2, self de plaque; L_3, self d'antenne du système émetteur; L_4, self appliquant la modulation.

respondant à un son unique, c'est une amplificatrice fournissant une tension variable à des fréquences très diverses représentant les sons complexes émis devant le microphone.

Un montage de ce genre nous sera donné dans le schéma de l'émetteur-récepteur que nous avons vu producteur d'ondes modulées pour la radiotélégraphie (paragraphe 295), qui utilise la même lampe modulatrice pour la modulation en radiotéléphonie. Bien entendu, d'après ce que nous venons de dire (les circuits changent, car la

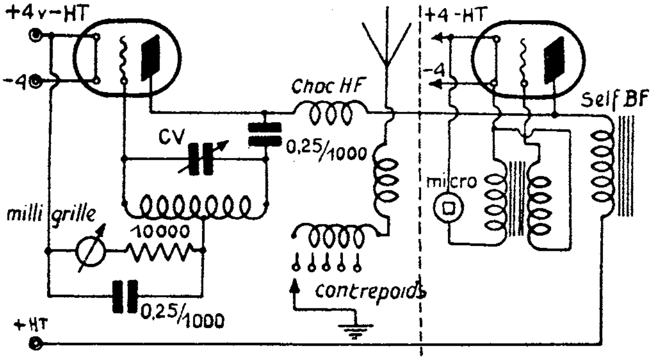


Fig. 271
Schéma du dispositif de modulation BF pour le fonctionnement en radiotéléphonie de l'appareil 3 de la figure 245.

lampe, au lieu d'être oscillatrice BF, doit devenir amplificatrice BF. Un commutateur permet ce changement de circuits. Le schéma de la figure 271 nous donne le montage tel qu'il est lorsque l'appareil émet en radiotéléphonie.

Le même procédé de modulation est employé dans le schéma de l'émetteur à ondes très courtes publié en figure 246.

MODULATION PAR LA PLAQUE APPLIQUÉE AUX ÉMETTEURS DE MOYENNE PUISSANCE : *La tension plaque fournie à l'oscillatrice HF ou à une lampe amplificatrice de l'émetteur, au lieu d'être prise à une source de courant continu est prise à la sortie d'un amplificateur basse fréquence attaqué par le microphone.* C'est donc le procédé que nous avons vu ci-dessus mais appliqué à des puissances supérieures.

Conséquences : 1° *La modulation BF au lieu d'être appliquée à la plaque de la lampe oscillatrice, sera appliquée à la ou les plaques des lampes amplificatrices HF* si l'émetteur en comporte.

La remarque faite en 3° au paragraphe 295 sur la télégraphie modulée est valable ici aussi : une onde modulée ayant une plus grande amplitude qu'une onde pure, on a intérêt à ne moduler la HF qu'à sa sortie pour avoir des étages HF chargés de signaux moins amples à puissance égale.

2° *Les plaques des amplificatrices HF seront alimentées en HT modulée par un amplificateur basse fréquence important, à plusieurs étages.* Il faut en effet fournir une tension de modulation suffisante par rapport à la tension HF (30 % à 90 % de la tension HF) pour que la modulation soit profonde. Il faut donc amplifier beaucoup le courant issu du microphone.

EXEMPLE : Soit un émetteur comportant un étage oscillateur pilote,

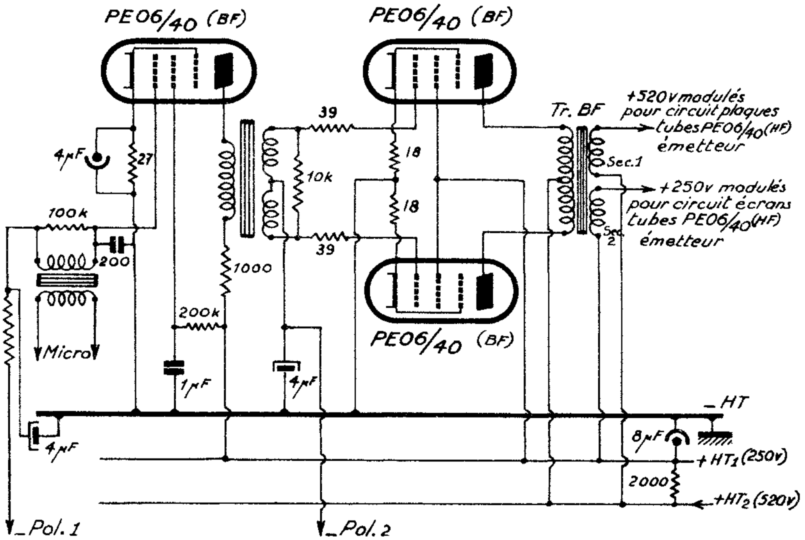


Fig. 272

Emetteur MR 303 de Radio-Océan pour marine marchande, 50 watts : circuits de modulation A_3 : un amplificateur BF dont l'étage de sortie symétrique module, par deux secondaires, d'une part la haute tension continue pour les plaques de l'émetteur HF, d'autre part la haute tension continue pour les écrans des mêmes tubes HF.

suivi d'un amplificateur HF fournissant 50 watts-antenne, comme celui étudié en figure 261. La puissance de sortie HF pour obtenir cette puissance rayonnée est de l'ordre de 100 watts (sous 600 volts). Pour moduler les lampes HF, il faudra au lieu de leur fournir 600 volts continus prendre cette tension de 600 volts à la plaque d'un amplificateur BF fournissant 50 watts modulés; ou, mieux, encore, faire la liaison au + 600 volts HT continu, à travers le secondaire d'un transformateur BF dont l'enroulement primaire est attaqué par la plaque de l'ampli BF. C'est le cas du schéma de la fig. 272 qui représente l'équipement modulateur « phonie » de l'émetteur décrit en paragraphe 292, schéma 2, fig. 261.

L'émetteur O.T.C. de la fig. 263 est aussi modulé « par la plaque ». La haute tension pour les circuits plaques de l'étage amplificateur de puissance est appliquée à travers le secondaire du transformateur de sortie de l'amplificateur BF. C'est le cas aussi pour l'émetteur « *Naviphone* » S.F.R. des chalutiers, décrit ci-après (paragr. 297 *bis*).

L'entrée de l'amplificateur BF est attaquée, soit par le microphone (ce pourrait être un pick-up), soit par un *préamplificateur* si le microphone est d'un type sensible, mais peu puissant, à haute fidélité (microphone électrodynamique ou s'il est du type *laryngophone* (pour pilote d'avion). Nous donnons le schéma d'un préampli en fig. 273 (partie du schéma cernée d'un pointillé).

296-4. — Schéma de l'amplificateur BF, modulateur du groupe d'émission MZ 307 SIPL Radio-Océan. — Ce groupe, très répandu en

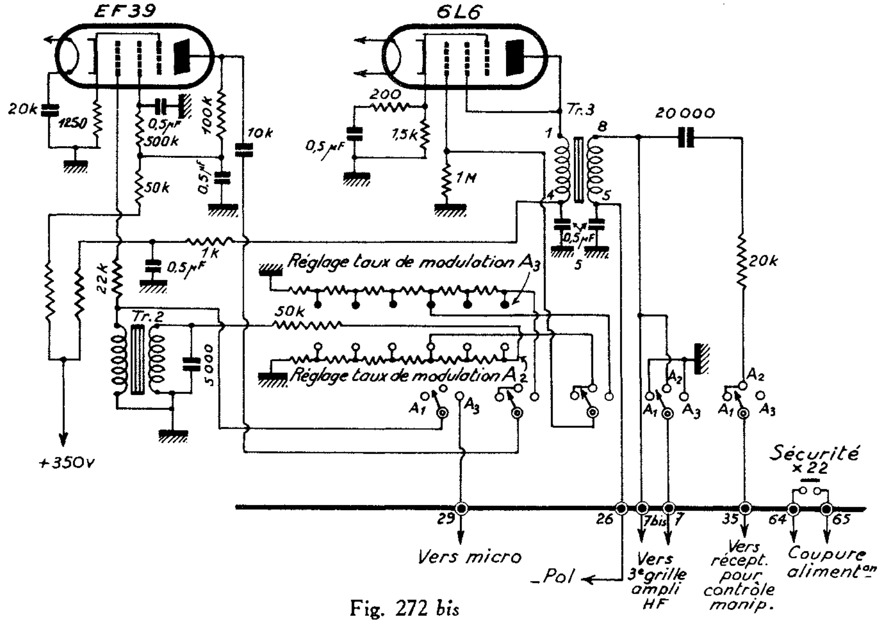


Fig. 272 *bis*

Marine Marchande, comporte un émetteur ondes téléphoniques, 81 à 200 mètres (modulé en A_3, phonie) et un émetteur ondes hectométriques, 571 à 740 mètres, modulé, soit en A_2, télégraphie sur ondes musicales (voir fig. 267 *ter*), soit en A_3, phonie. Le groupe comprend encore un émetteur ondes décamétriques mais qui ne demande aucune modulation, le décret du 17-1-50 prescrivant pour ces ondes la transmission A_1 (ondes entretenues pures).

La nouvelle figure 272 *bis* donne le schéma complet du modulateur dont la figure 267 *ter* n'avait donné que les circuits en A_2.

La modulation des étages HF se fait par application du signal à la 3e grille des tubes amplificateurs HF, mais pour que le signal BF ne les rende pas positives pendant une alternance sur deux, il faut polariser négativement le circuit d'une valeur continue : — Pol, en le reliant à la base (5) du secondaire du transformateur de sortie BF. En A_1, ce point se trouve situé à la masse.

Cependant, en A_1, l'oscillation par TR2 du tube EF39 continue et la liaison n° 35 subsiste vers le récepteur associé pour que le manipulant entende ses propres signaux et quoique ceux qu'il émet sont sans modulation, les 3e grilles HF étant à la masse.

Modulation par la première grille de l'amplificatrice HF recevant a la base de son circuit les tensions BF transmises par un transformateur BF dit de modulation. — C'est le procédé employé par exemple dans l'émetteur ondes courtes sur camion ou poste fixe SFR AS-59 (décrit au paragr. 289). Le schéma de la modulation est donné en fig. 267 *bis*.

Nous en avons commenté au paragr. 295 les circuits de télégraphie « pures » et « modulées ».

Sur position « phonie », le courant venu de la BT (12 volts) traverse le micro et l'enroulement du transfo de micro T_2. La lampe E 135 modulatrice n'est plus polarisée par le — 145 volts, puisque le commutateur est sur « phonie » (voir schéma 267 *bis*. La lampe est amplificatrice et le secondaire S_2 du transfo, dont le primaire P est dans le circuit plaque, transmet le signal BF à la base du circuit grille des amplificatrices HF.

296-5. — Modulateur du « handie-talkie » émetteur-récepteur portatif SCR536-BC 611. — Nous avons donné au nouveau paragraphe 292-3 les circuits d'émission de ce minuscule émetteur-récepteur, tubes 1R5 et 3S4 HF (schéma fig. 261 *ter*).

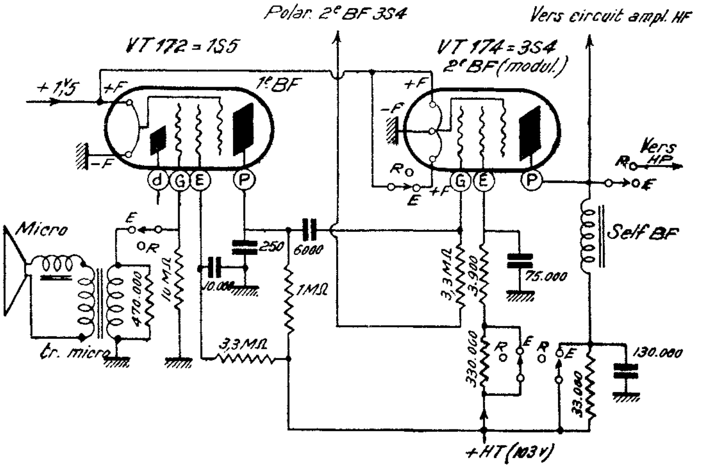


Fig. 272 *ter*
Etages de modulation de l'émetteur-récepteur portatif handie-talkie S.C.R. 536 sur la position « émission » (modulation plaque).

Nous donnons ici (fig. 272 *ter*) le détail des circuits amplificateurs BF utilisés en ampli de modulation quand la poignée de l'appareil est enfoncée (position « émission »). Nous signalons que ces mêmes tubes jouent le rôle BF en réception ; le tube 1S5 reçoit le signal détecté, et l'amplifie comme 1^{re} BF, le tube 3S4 amplifie en 2^{e} BF, mais au lieu d'attaquer l'émetteur il attaque l'écouteur.

En émission (contacts sur « E »), nous voyons qu'il s'agit d'une *modulation plaque*, puisque la plaque de la 2^{e} BF, dont la tension varie au rythme du signal « parole » amplifié, est l'endroit où l'on prend la tension pour la plaque et l'écran de l'autre 3S4, amplificatrice HF. En associant la fig. 272 *ter* et la fig. 261 *ter*, on a l'émetteur complet du « handie-talkie ».

Le fonctionnement en récepteur sera décrit au paragr. 311, et la commutation émission-réception au paragr. 316 *bis*.

MODULATION PAR LA TROISIÈME GRILLE DES LAMPES AMPLIFICATRICES HF. Un amplificateur basse fréquence à un ou plusieurs étages attaque par un transfo la 3^{e} grille d'une des lampes penthodes amplificatrices haute fréquence de l'émetteur. C'est le principe que nous avons étudié en télégraphie modulée, paragraphe 295 *bis*, 3°.

Mais ici il ne s'agit plus ni d'oscillateur BF, ni de tikker : c'est le microphone, ou le préampli de laryngophone, ou le préampli d'un micro à ruban, qui seront branchés à l'entrée de l'amplificateur basse fréquence.

Nous donnons en figure 273 le schéma de l'équipement modulateur de l'émetteur étudié en figure 252.

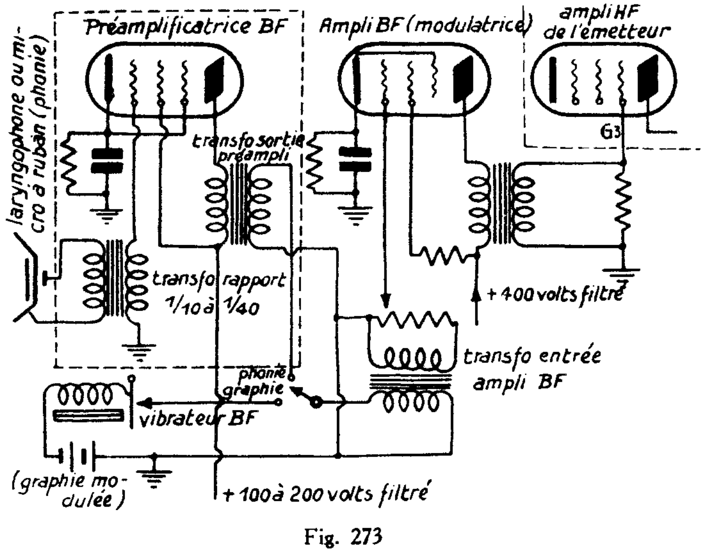


Fig. 273

Equipement modulateur de l'émetteur de la fig. 252 (SARAM 3-10). L'amplification BF de puissance attaque la troisième grille de l'amplificatrice HF de l'émetteur. L'ampli BF est lui-même attaqué soit par un vibrateur BF (télégraphie modulée), soit par un préamplificateur transmettant la modulation d'un microphone ou d'un laryngophone.

Notons ici que *la modulation peut aussi être appliquée à une autre électrode de la lampe HF* : par exemple à l'*écran*, au lieu de la 3e grille. Dans ce cas, l'écran au lieu d'être relié à un potentiel continu (+ 400 volts par exemple), est relié au circuit de sortie (plaque) d'un ampli BF dont la tension plaque est justement de 400 volts.

297. — Commutateur graphie-phonie. — On appelle ainsi le dispositif qui permet, sur certains émetteurs, de *passer par une simple manœuvre de l'émission en radiotélégraphie en ondes modulées ou pures à l'émission en radiotéléphonie.*

***1.* Emetteur de détresse SFR 1F ou 2F.** — COMMUTATION : GRAPHIE A_1 (PURES) AVEC MANIPULATION, A_2 (MODULÉES) AVEC MANIPULATION; GRAPHIE A_1 (PURES) AVEC MESSAGE AUTOMATIQUE DE DÉTRESSE; GRAPHIE A_2 (MODULÉES) AVEC MESSAGE AUTOMATIQUE DE DÉTRESSE, ET SIGNALISATION OPTIQUE (SCOTT).

Telles sont les cinq combinaisons obtenues, dans l'ordre, par le contacteur à cinq positions de l'émetteur de détresse pour canots pneumatiques d'avions naufragés.

On voit que l'oscillation BF est créée par une lampe triode, avec un transformateur BF donnant les circuits grille et plaque d'un oscillateur classique. La fréquence sonore ainsi fabriquée est de 700 à 900 c/s, et elle module à 80 % de profondeur l'onde HF dont nous avons étudié et publié les circuits au paragraphe 291-1 *bis*.

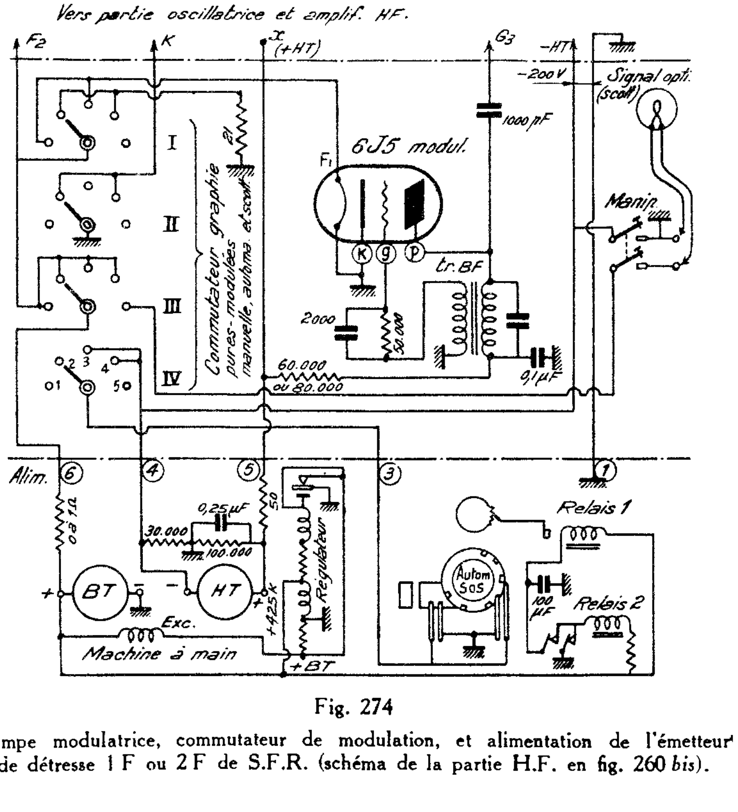


Fig. 274

Lampe modulatrice, commutateur de modulation, et alimentation de l'émetteur de détresse 1 F ou 2 F de S.F.R. (schéma de la partie H.F. en fig. 260 *bis*).

La nouvelle fig. 274 montre clairement ces circuits BF, les commutateur, et aussi l'alimentation avec un convertisseur BT-HT, donnant les deux tensions utiles (6 volts et 425 volts) quand on tourne la manivelle de l'appareil.

Cette rotation entraîne aussi le disque cranté, avec 3 créneaux étroits, 3 larges, 3 étroits, et un « blanc » qui, lorsque le commutateur le relie aux circuits (positions 3 et 4) envoie automatiquement et continuellement, à chaque tour, ... — — — ..., c'est-à-dire S O S.

2. COMMUTATIONS GRAPHIE PURES, GRAPHIE MODULÉES, PHONIE. — Sur les émetteurs A_1, A_2, A_3 (exemple pris sur un Saram d'avion type 3-10), un seul commutateur à trois positions permet :

en position « pures », de maîtriser l'amplificateur BF et éventuellement de libérer un dispositif de contrôle de manipulation afin que l'on puisse, malgré l'émission en « pures », entendre ses propres signaux, de mettre en circuit le relais commandant les coupures des circuits par le manipulateur;

en position « graphie modulées », de brancher un vibreur BF attaquant l'ampli BF libéré, ou même attaquant un préamplificateur HF, lui-même attaquant l'ampli BF libéré, de mettre en circuit le relais commandant les coupures de circuits par le jeu du manipulateur;

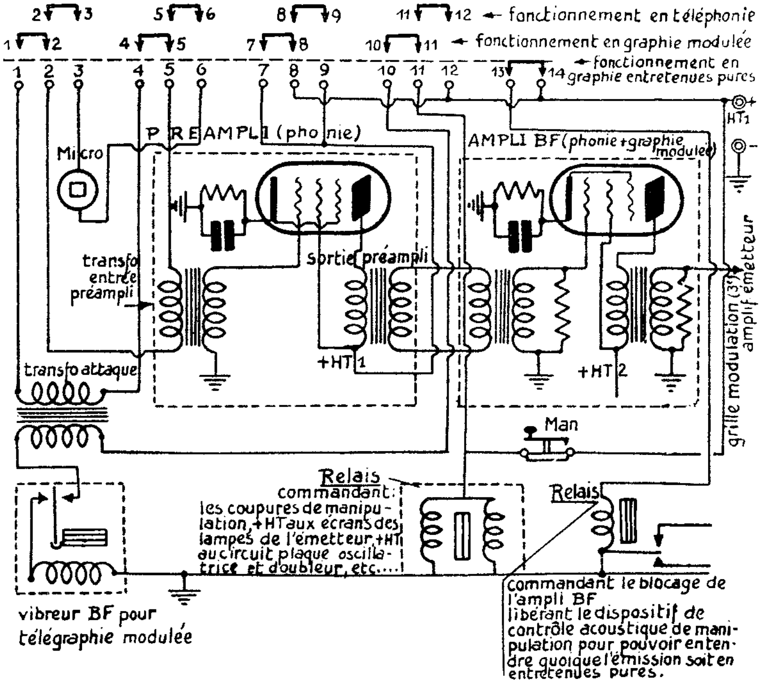


Fig. 275

Schéma des commutations d'un émetteur moderne pour réaliser sur chacune des trois positions les circuits nécessaires pour :

1° émission graphie sur entretenues pures;

2° émission graphie sur ondes modulées;

3° émission phonie.

en position « phonie », de brancher le microphone ou le laryngophone par un transfo d'attaque sur le préampli, de donner à ce préampli la HT nécessaire, de court-circuiter le dispositif de manipulation.

La figure 275 donne un exemple de ces commutations sur un émetteur moderne. Les court-circuits sur chaque position sont schématisés par des barrettes. En fait, les plots 1 à 14 sont répartis en circonférence sur des galettes de commutateurs et l'axe de manœuvre déplace des frotteurs réalisant les court-circuits indiqués pour chaque position.

3. Commutateurs généraux assurant en plus des positions graphie pure, graphie modulée, phonie, les positions « arrêt » et « accord ». — C'est le cas, par exemple, du commutateur général du poste fixe SFR AS-59 dont nous avons étudié les circuits d'émission au paragr. 289 (fig. 253) et la modulation aux paragr. 295-296 (fig. 267 *bis*). Nous rappelons que la position accord correspond à une haute tension réduite sur les écrans des lampes de l'amplificateur de puissance, dont le courant plaque serait trop élevé et dangereux pour les lampes lorsque le signal aux grilles des lampes de puissance est faible (d'où faible polarisation aux bornes des résistances de grilles), donc lorsque les circuits des étages précédents sont encore mal accordés et transmettent mal le signal HF.

La fig. 267 *bis* montre les commutations « pure », « graphie » et « phonie » de cet émetteur.

297 *bis*. — Schéma complet d'un émetteur modulé en phonie : le NAVIPHONE des chalutiers. — Cet appareil français, mis en service sur les chalutiers depuis 1946 est un émetteur-récepteur de 30 watts-antenne émettant sur 80 à 220 mètres de longueur d'onde, en quatre sous-gammes et recevant de 80 à 340 mètres.

Nous donnons le schéma complet de l'émetteur (fig. 275 *bis*), modulation BF aussi bien qu'émission, et le prenons comme exemple de modulation phonie.

L'émetteur comprend trois pilotes, dont l'un ou l'autre est mis en service par un contacteur : deux pilotes sont oscillateurs à quartz, donc leur longueur d'onde est fixe, le troisième est auto-oscillateur, de schéma classique type fig. 213 de la partie « théorie » de cet ouvrage.

Le changement d'onde doit être suivi de l'accord des circuits oscillants de tous les étages HF, mais par une commande unique (condensateurs variables associés).

L'une des trois ondes préréglées est celle de 181,8 mètres, onde d'appel et de détresse des navires.

Nous remarquons que l'étage amplificateur HF, pour pouvoir délivrer les 30 watts-antenne, utilise deux lampes R809 en *parallèle* (grilles attaquées ensemble par le même signal, à travers une résistance de 100 ohms, plaques reliées ensemble et couplées par self au circuit d'antenne).

Une lampe au néon est illuminée par le courant d'antenne lorsque l'accord est optimum.

Le modulateur mérite commentaire. Le microphone à charbon, alimenté sous 24 volts à travers 400 ohms et l'enroulement primaire de son transfo attaque un premier étage BF à deux tubes R808 montés en symétrique (dit « push-pull »), car les deux extrémités du secondaire du transfo donnent à chaque grille des signaux BF d'alternances opposées à chaque instant (étant donné la prise médiane, le sens d'enroulement est opposé pour les deux lampes). Chaque tube de ce premier étage attaque la grille d'un tube R809, 2e BF, par condensateur de liaison plaque-grille. Les tubes R809 reçoivent des signaux BF toujours opposés en phase, mais à leur sortie, les effets se totalisent dans un transformateur BF de sortie avec primaire à prise médiane, ce qui remet en phase les deux modulations.

Le secondaire de ce transformateur de sortie est traversé par le courant des plaques et écrans des tubes amplificateurs HF de puissance, ce courant d'alimentation est ainsi modulé par le signal BF sortant du modulateur : c'est une modu-

lation « plaque » avec attaque dans le circuit HT, par transfo, comme pour la station MR 303 de Radio-Océan (paragr. 292-1 *bis*).

Nous donnerons au paragr. 330 *bis* la mise en service de l'ensemble émetteur-récepteur Naviphone, avec notamment les réglages-types de l'émetteur et les caractéristiques *essentielles du récepteur.*

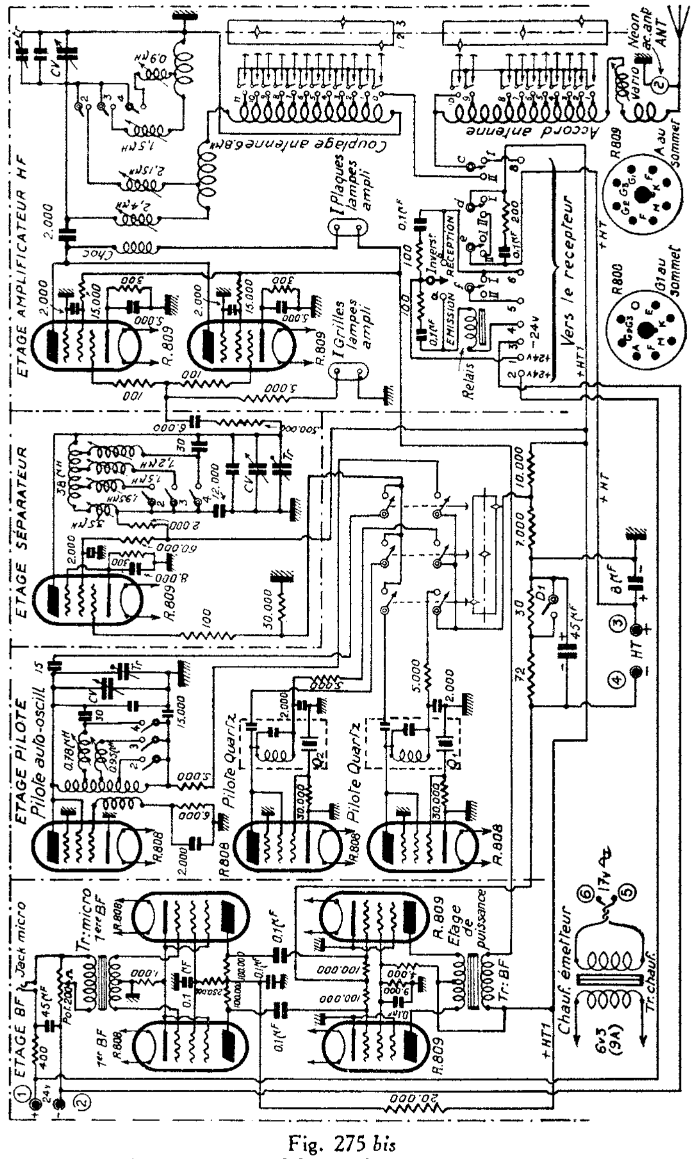


Fig. 275 *bis*
Schéma complet d'un émetteur modulé en phonie seule : le *Naviphone* S.F.R. des chalutiers.
Relais en position I : réception; en position II : **émission.**

TRENTE-SIXIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION
ANTENNES-CONTREPOIDS - TERRE - CADRES EMPLOYÉS EN RADIOTRANSMISSION
Radiogoniométrie Radars

Les systèmes d'accueil des ondes : *antennes-contrepoids, ou antennes-terre*, sont les mêmes pour l'émetteur et le récepteur de l'appareil de trafic. Nous avons étudié les conditions de fonctionnement et même les qualités et les défauts des différents systèmes d'antennes dans notre 24e leçon : paragraphes 225 à 231 *bis.* et dans notre 26e leçon : paragraphes 234 à 235, ceux-ci étudiant plus spécialement le fonctionnement de l'antenne (et du cadre) en réception. Nous rappelons l'étude des diagrammes de rayonnement des antennes (paragr. 230 *bis* et 231 *bis*). Nous allons ici donner les caractéristiques des systèmes d'antennes ou de cadres utilisés pratiquement.

298. — Antennes unifilaires en L renversé et en T d'emploi courant. — Cette forme classique d'antenne est la plus employée pour les émetteurs-récepteurs sauf en ondes très courtes. Son montage est le même pour tous les cas, seules diffèrent les dimensions. La figure 276 donne le croquis de celle utilisée avec de nombreux appareils.

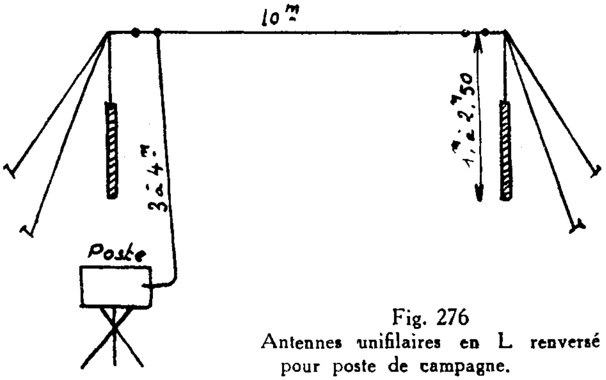


Fig. 276
Antennes unifilaires en L renversé pour poste de campagne.

Les *perches* sont en deux parties coulissantes, de façon à avoir un encombrement minimum pour le transport.

Les *isolateurs* sont généralement en « Pyrex » (verre spécial très robuste et à faibles pertes en haute fréquence).

Le contrepoids doit être en *fil isolé*; il remplace la prise de terre et se branche donc à la borne terre des émetteurs-récepteurs.

On le déroule à terre sous l'antenne dont il a à peu près la longueur :

Voici quelques dimensions habituelles :

1° Longueur d'antenne : 25 mètres; hauteur normale des supports : 4 mètres; longueur de la descente : 8 mètres.

2° Longueur d'antenne : 10 mètres; hauteur normale des supports : 2 m. 40; longueur de la descente : 4 mètres.

3° Longueur d'antenne : 10 mètres; hauteur normale des supports : 2 m. 40; longueur de la descente : 3 m. 50.

On emploie aussi sur les voitures-radio modernes des antennes formées de tringles métalliques horizontales placées sur le toit de la voiture et supportées par de gros isolateurs porcelaine.

L'antenne unifilaire est souvent réalisée en T : dans ce cas, la prise de descente est faite au milieu du brin horizontal. Nous avons donné à la 24e leçon les caractéristiques électriques de ces antennes.

L'antenne dite en « V » à deux brins de 50 mètres de long tendus à 4 ou 7 mètres du sol et formant entre eux un angle de 60° n'est plus utilisée, les émetteurs actuels n'ayant plus besoin d'un pareil développement pour rayonner.

299. — Antennes d'avions. — Antennes de navires. — Les antennes d'avion pour les émetteurs et récepteurs de 40 à 1 500 m de longueur d'onde peuvent être constituées par un simple fil déroulé sous l'avion. Un tube isolant coudé permet le passage du fil à travers la paroi inférieure de l'appareil.

Un *rouet* contient l'antenne enroulée au repos; l'opérateur la dévide en vol; à l'extrémité, un poids tend le brin qui prend sous l'avion une position oblique.

Cette antenne a couramment 100 mètres de long; on la dénomme *antenne pendante.*

Les gros aéronefs que sont les avions modernes de bombardement munis d'émetteurs à ondes courtes utilisent souvent maintenant une *antenne fixe* tendue au-dessus du fuselage et de la carlingue, ayant une longueur de 8 à 15 mètres ou une antenne en V, entre un point du fuselage de l'appareil (sommet du V) et les extrémités des ailes (revoir en théorie la nouvelle fig. 179). Des antennes doublets, étudies ci-dessous (paragr. 300), sont également montées entre les extrémités des plans de l'avion, pour les postes O.C. L'antenne « fourreau » des avions pour postes O.T.C. est décrite plus loin (par. 300).

Les antennes de navires sont des antennes en L renversé ou en T, de grand développement (20 à 100 mètres) ayant pour supports les mâts même du navire. Autrefois l'antenne était *en nappe* :

deux fils d'antenne parallèles à un écartement de 1 mètre étaient tendus, la descente étant reliée aux deux.

300. — Antennes spéciales pour ondes courtes et ondes très courtes. — Les émetteurs-récepteurs sur ondes courtes pour véhicules peuvent être aussi munis d'antennes verticales placées sur le véhicule, que l'appareillage soit à modulation de fréquence ou à modulation d'amplitude.

L'antenne *doublet* est une double antenne horizontale dont les deux brins travaillent en opposition (fig. 277) ; ces brins sont reliés au cir-

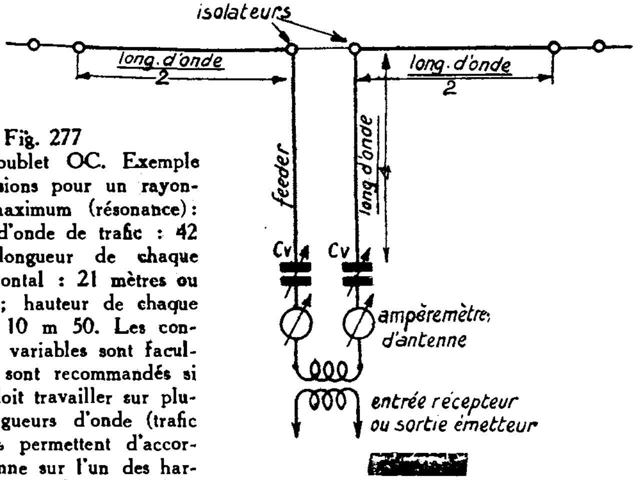


Fig. 277
Antenne doublet OC. Exemple de dimensions pour un rayonnement maximum (résonance) : longueur d'onde de trafic : 42 mètres; longueur de chaque brin horizontal : 21 mètres ou 10 m 50; hauteur de chaque feeder : 10 m 50. Les condensateurs variables sont facultatifs, ils sont recommandés si le poste doit travailler sur plusieurs longueurs d'onde (trafic varié). Ils permettent d'accorder l'antenne sur l'un des harmoniques de la longueur d'onde de travail. Le résultat est obtenu lorsque l'on obtient le courant maximum dans chaque ampèremètre thermique.

cuit de sortie de l'émetteur (ou au circuit d'entrée du récepteur) par deux descentes appelées « feeders ». Ces feeders travaillant en oppo-

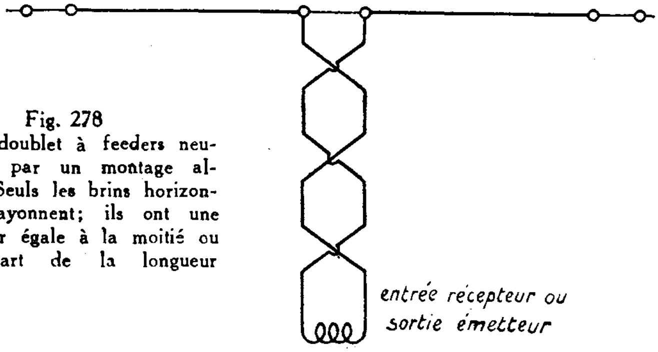


Fig. 278
Antenne doublet à feeders neutralisés par un montage alterné. Seuls les brins horizontaux rayonnent; ils ont une longueur égale à la moitié ou au quart de la longueur d'onde.

sition peuvent être neutralisés par un montage alterné (fig. 278). Ainsi, les brins horizontaux sont seuls rayonnants.

Dans le cas de « feeders » verticaux, le meilleur rendement du radiateur est obtenu lorsque leur longueur est égale au quart de la longueur d'onde.

Les émetteurs-récepteurs O.T.C. utilisent des mâts métalliques coulissants. On déploie au moment de l'usage.

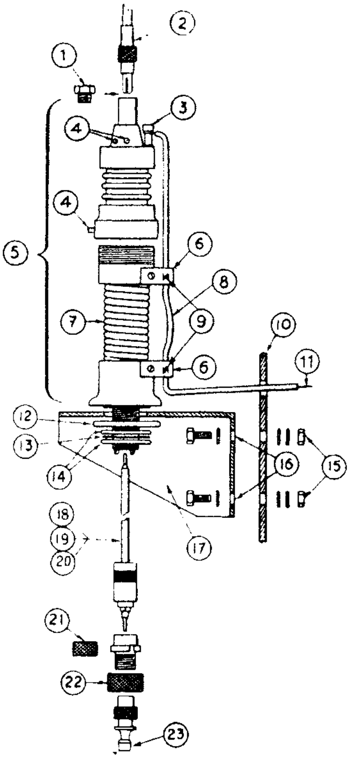


Fig. 278 *bis* (SCR 610)

Ensemble de l'antenne pour véhicule. — 1. *Chapeau fileté pour protéger les filets de la douille-support quand les sections de mât sont enlevées.* — 2. *Ensemble des sections du mât.* — 3. *Borne supérieure de l'antenne.* — 4. *Vis frein.* — 5. *Base du mât MP-48.* — 6. *Pince du fil.* — 7. *Ressort à boudin.* — 8. IMPORTANT : *Il est nécessaire de laisser ici du « mou » pour prévenir une rupture du fil lorsque l'antenne vient à s'incliner.* — 9. *Vis de serrage du fil d'entrée de poste.* — 10. *Paroi du véhicule.* — 11. *Vers la borne d'antenne du récepteur-émetteur.* — 12. *Rondelle de la base du mât.* — 13. *Rondelle-frein.* — 14. *Ecrous hexagonaux d'assemblage.* — 15. *Boulons, rondelles et écrous de montage.* — 16. *Trous de montage du support de mât.* — 17. *Support de mât MP-50.* — 18. *Connecteur du bas de l'antenne.* — 19. *Ce connecteur doit être enlevé quand on emploie la base du mât avec l'appareil de radio SCR-610-A.* — 20. *Le connecteur n'est employé qu'avec certaines installations employant un câble co-axial.* — 21. *Chapeau.* — 22. *Employé pour protéger le raccord inférieur quand la borne et le connecteur sont enlevés.* — 23. *Borne inférieure d'antenne.*

Les émetteurs-récepteurs sur véhicules utilisent désormais le plus souvent l'antenne verticale télescopique.

CONTREPOIDS SUR LE TOIT DES VOITURES. — On recommande de placer l'antenne au centre du toit, pour un rayonnement en toutes directions. On a intérêt à doubler le toit du véhicule, dessus ou dessous, d'une feuille métallique, la demi-largeur du toit et de la grille faisant au moins 1/4 de la longueur d'onde. Cette feuille peut être un grillage de fil laiton. On peut aussi réaliser une étoile horizontale, sur ou sous le toit, avec 8 brins 1/4 d'onde, se réunissant au centre. La gaine du co-axial venu de l'émetteur-récepteur sera soudée à la feuille ou à l'étoile-contrepoids, l'âme étant reliée à l'antenne qui se dresse verticalement au-dessus.

Les *SCR-508-528 ou 538* (10,75 à 15 m de long. d'onde à modulation de fréquence, décrits par. 293-5) sur chars légers, ont un mât en acier flexible en trois sections démontables, avec fil de connexion d'antenne passant à travers le blindage du char.

Si la liaison entre base d'antenne et panneau de montage des émetteurs et récepteurs a plus de 60 cm de long, on utilise un câble co-axial, de 2,7 mètres de long, avec branchement de masses sur sa gaine aux deux extrémités. La mise à la masse des socles d'antenne est faite par un ruban tressé de 13 mm de large.

Les *SCR-609 et 610* (de 7,7 à 11 m de long d'onde, de modulation fréquence, déjà en étude au paragr. 293-4), attaquent, en équipement portatif, une antenne verticale, télescopique, qui, développée, a 2,5 mètres de haut, et repliée : 44 cm.

Sur voiture, les mêmes SCR 609-610, ont pour antenne un mât vertical, en trois sections de 1 mètre chacune, diamètres décroissants : 16,15 et 13 mm. La liaison de la douille de base du mât à la douille antenne du poste doit se faire par un fil de 90 cm (fig. 278 *bis*).

ANTENNES AVIONS POUR ONDES TRÈS COURTES (4 à 8 m).

Les antennes O.T.C. à bord des avions sont verticales aussi, mais

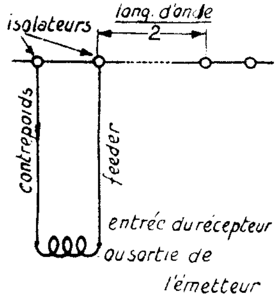


Fig. 279 Antenne dite Zeppelin.

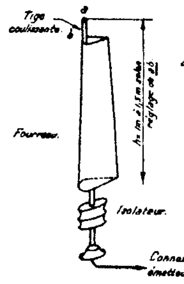


Fig. 279 *bis.* *Antenne d'avion télescopique pour émetteur d'ondes très courtes, avec fourreau profilé pour diminuer la résistance de l'air..*

au lieu d'être un simple tube, elles sont en forme de fourreau aplati comme un fourreau de sabre, pour être « aérodynamique » (fig. 279 *bis*).

L'antenne O.C., dite *Zeppelin*, n'est rien d'autre qu'une antenne demi-onde dont le contrepoids étant parallèle à la descente (feeder) le neutralise (fig. 279). Le brin horizontal est seul rayonnant, sa lon-

gueur est, dans le cas le plus favorable, égale à la moitié de la longueur d'onde.

Enfin, pour les ondes très courtes, il est fait aussi usage d'antennes qui sont en fait des éléments de cadre (circuit fermé et non circuit ouvert). C'est le cas par exemple de l'antenne « SPIRE » pour ondes de 5 à 7 mètres dont nous donnons un croquis en figure 280 et qui

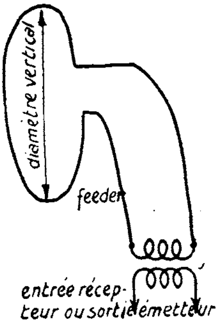


Fig. 280

Antenne O.T.C. « spire » qui est en fait un circuit oscillant fermé, donc un cadre, plutôt qu'un circuit oscillant ouvert. Diamètre vertical : 1/2 long. d'onde.

peut équiper des installations semi-fixes. L'effet directif est maximum dans le plan de la spire. Les radiophares pour radio-guidage (voir paragraphe 302 utilisent parfois des radiateurs fermés comme la « spire » ci-dessus, ou des *cadres* à plusieurs spires.

301. — Prises de terre. Contrepoids. Masses à bord des avions. — Nous avons vu que le circuit rayonnant l'énergie de l'émetteur comprend, non seulement l'antenne, mais, à la base de celle-ci, la terre. Nous avons vu également qu'au récepteur, le dispositif d'accueil ou collecteur comprend aussi une antenne reliée à sa base à la terre.

Pratiquement, dans les postes de radiotransmission militaire, le système antenne-terre qui sert à la fois à l'émission et à la réception remplace la prise de terre par un *contrepoids* (paragraphe 229).

REMARQUE : En campagne, on peut très bien réaliser une prise de terre et la brancher à la place du contrepoids si celui-ci fait défaut par exemple. Le contrepoids a l'avantage d'une mise en place plus rapide avec un fonctionnement correct, la prise de terre demandant au contraire des soins.

Pour les installations semi-fixes ou fixes. il y a intérêt à tendre le contrepoids au-dessus du sol à une hauteur de un mètre environ. L'antenne fonctionne alors plutôt en demi-onde. Le cas de l'antenne *Zeppelin* (voir ci-dessus paragr. 300) est exactement le cas d'un contrepoids vertical.

Pour la prise de terre, il y a lieu de distinguer la *prise de masse*, réunie aux blindages des appareils et au négatif des alimentations, et que l'on a avantage à relier à la terre même si l'antenne fait retour sur un contrepoids, ce qui est fréquent. Cependant, la prise de terre

est encore assez employée avec certains postes plutôt destinés à des installations semi-fixes. Il y a lieu de retenir ceci :

1° *La prise de terre peut toujours être employée avec tous les émetteurs-récepteurs militaires, elle peut améliorer la portée obtenue, mais il faut tenir compte de ce que les tableaux d'étalonnage établis pour le réglage du circuit d'antenne, avec emploi d'un contrepoids, seront légèrement faussés par l'emploi d'une prise de terre.*

En effet, avec un contrepoids, le collecteur a une longueur d'onde propre voisine de celle d'une antenne en demi-onde, tandis qu'avec une prise de terre, sa longueur d'onde est voisine du quart d'onde (voir chapitre « circuits oscillants ouverts », paragraphe 225).

Il reste bien entendu que, pour améliorer le rendement, la prise de terre doit être très soignée.

2° *La prise de terre doit être obligatoirement préparée pour tous les postes émetteurs-récepteurs, même ceux employant un contrepoids, lorsque le temps est orageux.*

En cas d'orage, en effet, il faut relier l'antenne à la terre *directement*, sans passer par les circuits de l'appareil qui pourraient sans cela être détériorés par les décharges atmosphériques, même si la foudre ne frappe pas l'antenne.

ETABLISSEMENT D'UNE PRISE DE TERRE. — L'équipement des postes Radio militaires prévoit, soit un grillage métallique, soit des piquets métalliques. On les enfonce profondément dans le sol : 0 m. 50 à 1 m. 50; et un câble métallique nu qui leur est relié permettra la liaison, soit à la borne *terre* de l'appareil, soit au fil de descente d'antenne si un orage menace et oblige à suspendre le trafic.

Il faut arroser copieusement le sol au-dessus de la prise de terre.

Si le sol est rocheux et ne se prête de ce fait, ni à l'enfoncement des piquets ou grillages, ni à l'humidification, il vaut mieux employer un contrepoids.

Avec certains équipements, on a coutume de prévoir des grillages métalliques reliés par un fil que l'on étale alors sous l'antenne et qui jouent le rôle d'un contrepoids.

Masse métallique à bord des avions. — L'installation radioélectrique à bord des avions impose la liaison électrique par des conducteurs peu résistants de toutes les pièces métalliques constituant l'avion. Ainsi, la carcasse entière forme *contrepoids* vis-à-vis de l'antenne et joue le rôle de « terre ». Mais aussi ceci permet aux blindages compartimentant l'avion de servir d'écrans arrêtant le rayonnement des parasites produits dans les installations électriques du bord, notamment par les circuits d'allumage des moteurs.

Enfin, ceci évite que les pièces métalliques restant isolées soient le siège de courants induits dus au rayonnement de l'émetteur, ce qui pourrait occasionner échauffement et danger d'incendie si elles appartiennent à des canalisations d'essence ou en sont voisines.

302-1. — Les cadres employés en radiotransmission — Le cadre, collecteur d'ondes étudié au paragraphe 235, serait peu employé en trafic de campagne, étant de très faible rendement, si la

propriété précieuse de son effet directif ne permettait de l'employer à la recherche de l'emplacement des stations.

C'est le but de la radiogoniométrie dont les applications sont multiples : recherches stratégiques, repérage des émetteurs, et par là des groupes mobiles qui les emploient, repérage de stations côtières fixes pour déterminer la situation propre du navire qui fait le relèvement gonio, radioguidage des avions.

RADIOGONIOMÉTRIE. — Les postes de « gonio » au sol ont pour mission de révéler l'emplacement des émetteurs ennemis. Le collecteur d'onde équipant le récepteur à haute sensibilité est un cadre carré ou rond, monté sur un mât orientable. Un index solidaire du mât indique sur une « rose des vents » la direction géographique de l'émetteur, ou donne l'angle par rapport au méridien.

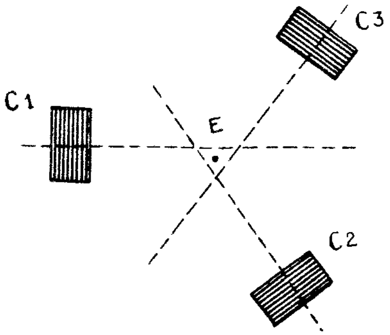


Fig. 281
C 1, C 2 et C 3 sont trois postes récepteurs à grande sensibilité (forte amplification HF) équipés de cadres. Ils écoutent l'émetteur E et déterminent chacun par l'orientation du cadre la direction de l'émetteur correspondant au minimum d'intensité des signaux. L'émetteur se trouve dans le triangle formé par le report des trois directions sur la carte.

Si trois postes gonio captent l'émission dont on recherche la provenance. le report des trois directions sur la carte donne un triangle dans l'emplacement duquel se trouve l'émetteur (fig. 281).

Cause d'erreurs : Il faut éviter de placer le cadre près de masses métalliques importantes ou même de lignes électriques qui en dérivant les ondes reçues font croire à de fausses directions d'émission. Le cadre sera donc placé au sommet de l'installation, bien dégagé des obstacles, surtout métalliques. (EXEMPLE : Sur le toit de la voiture gonio, au haut d'un mât; sur la passerelle du navire; au-dessus de la carlingue de l'avion.)

De plus, il est recommandé d'utiliser *un cadre blindé :* un blindage magnétique entoure l'enroulement et empèche que les champs électromagnétiques l'influencent. Ainsi les rayonnements secondaires réfléchis par les masses métalliques voisines sont sans influence. Le seul champ électrostatique développé par le signal de l'émetteur est capté. Mais ce blindage augmente la capacité aux bornes du cadre et limite la gamme d'ondes couverte. Il faut aussi compenser cette capacité par rapport à la terre. Les capacités propres entre l'enroulement et la masse faussent aussi le cadre : la direction de l'émetteur n'est plus perpendiculaire comme elle devrait l'être en théorie, et la position

donnée par le cadre ne serait pas la même selon la face du cadre présentée. On élimine cette cause d'erreur en « compensant le cadre », c'est-à-dire en équilibrant ses capacités par rapport à la masse, soit à l'aide d'une prise médiane, soit à l'aide d'un condensateur variable double monté en compensateur (fig. 282). On règle le compensateur jusqu'à ce que la position du cadre soit la même lorsqu'on le fait tourner d'un demi-tour.

Lever du doute : Dans le cas d'un seul gonio, on n'a en théorie aucun moyen de savoir dans quel sens se trouve l'émetteur : on trace sa direction sans savoir s'il est dans une direction ou dans celle opposée. Des montages spéciaux permettent à un seul gonio de donner l'orientation exacte : le récepteur branché sur le cadre reçoit aussi le signal de l'émetteur par le chemin d'une petite antenne qui, pour une position du cadre, renforce le signal, et pour la face opposée, s'y oppose. On cherche d'abord la direction générale de l'émetteur avec le seul cadre, puis on branche l'antenne. Le cadre donne un *maximum* d'intensité pour une position donnée : le plan de ses spires donne le *sens* de l'émetteur, grâce à un repère fait lorsque le cadre a été construit (fig. 283).

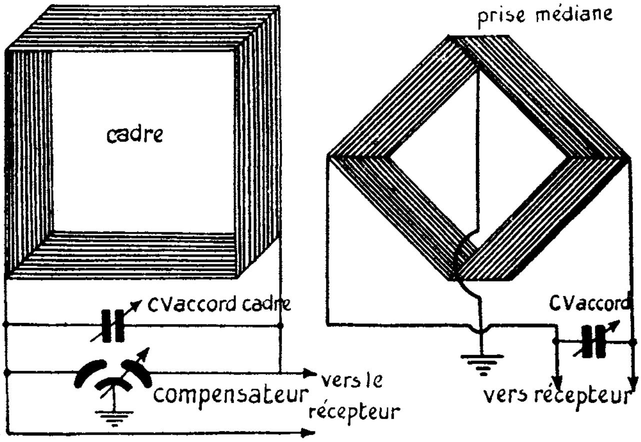


Fig. 282
Deux types de cadres compensés qui sont ainsi bien équilibrés, les deux faces donnent la direction exacte de l'émetteur selon le principe de la fig. 281.

RADIOGONIOMÉTRIE NAVIRES. — L'équipement est distinct de l'appareil émetteur-récepteur radio servant au trafic, il permet le réglage de la position du navire d'après la position des émetteurs terrestres fixes. Le cadre est orientable tout comme dans le poste de gonio militaire au sol décrit ci-dessus, ou peut être fixé selon l'axe du navire, pour le radioguidage. Deux méthodes peuvent être employées pour la radiogoniométrie : ou le navire émet des signaux qui sont captés par deux ou trois stations côtières qui déterminent la position du na-

vire selon le principe de la figure 281 ; elles communiquent entre elles leurs résultats, font le point et le signalent au navire; ou c'est le navire qui capte les signaux de plusieurs émetteurs côtiers à l'aide de son cadre gonio, et, connaissant sur la carte la position de ces émetteurs, détermine sa propre position en menant les lignes de direction.

RADIOGONOMÉTRIE AVIONS. — Elle leur permet le pilotage sans visibilité, l'émetteur étant au but à atteindre, et le cadre étant solidaire de l'avion : tout écart de la ligne de vol est signalé par la réception du signal continu envoyé par l'émetteur (voir paragr. 288).

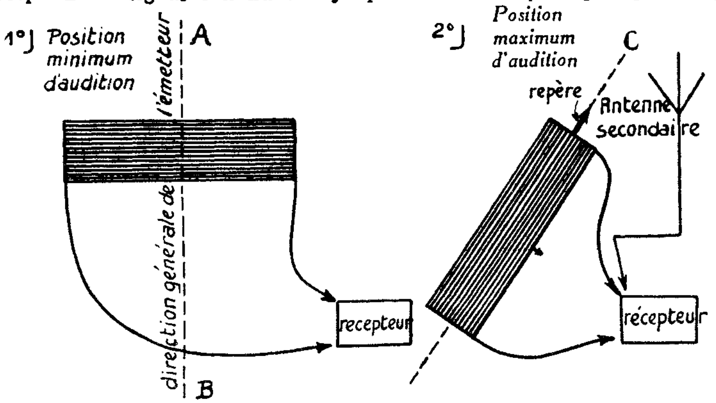


Fig. 283. — *Lever du doute.*

Première opération: détermination de la direction générale de l'émetteur cadre seul.
Deuxième opération : le cadre et l'antenne sont mis en circuit; le repère du cadre (qui dépend du sens d'enroulement de ses spires) indique le côté (et non la direction) où se trouve l'émetteur.
Conclusion : la direction de l'émetteur est celle de la ligne AB, mais du côté de C, donc la direction est : vers A.

Les aérodromes sont équipés maintenant de *radiophares* qui émettent en faisceau dirigé sur lesquels se guident les avions pour parvenir à la piste d'atterrissage (voir radiogoniométrie sur O.T.C. dans le paragraphe 302 *bis* qui suit) (1). C'est le radioguidage perfectionné récemment par le radioaltimètre au point que l'avion, d'après le temps mis par l'écho de ces signaux OTC réfléchis par le sol connaît l'altitude à laquelle il se trouve, même lorsqu'elle n'est que de quelques mètres, ce qui lui permet de guider entièrement son atterrissage sans rien voir. C'est une des applications des « radars », l'invention la plus caractéristique de la guerre 1939-1945, dont nous allons parler au paragraphe 302-4.

302-2. — Systèmes d'antennes verticales utilisés en radiogoniométrie (ondes courtes). — Les postes fixes radiogoniométriques modernes utilisent souvent le système « Adcock » (exemple : les stations SFR, LMT, les stations SADIR G 254).

(1) Voir aussi *Traité de Radioguidage*, par S. OSTROVIDOW. Un volume aux Editions Chiron, 40, rue de Seine, Paris (6e).

Nous prions de revoir en théorie le paragraphe 230 *bis* sur les courbes de champ et les diagrammes de rayonnement d'un émetteur, puis le paragraphe 231 *bis* sur le diagramme des antennes de réception.

Le principe « Adcock » consiste à monter 4 quatre antennes verticales placées au nord, est, sud et ouest, par rapport au récepteur, soit aux 4 sommets d'un carré parfait possédant en son centre le « chercheur » et le récepteur.

Ces antennes ont 9 mètres de haut, le carré ayant 15 mètres de diagonale, pour la goniométrie sur ondes de 50 à 150 mètres (ex. : SADIR G 254C) et 6 mètres de haut, le carré ayant 8 mètres de diagonale, pour ondes de 15 à 70 mètres. Ce sont des mâts métalliques montés sur des plaques de base isolantes.

Un transformateur de couplage est placé dans chaque base et effectue la liaison à une ligne ou « feeder » enterrée dans le sol (câble sous plomb) qui va directement vers le centre du carré.

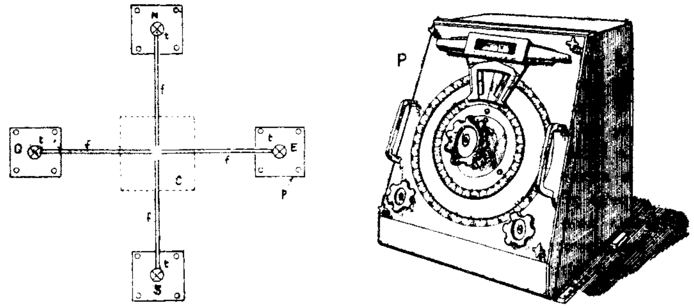


Fig. 283 *bis*

Schéma de l'installation Gonio, système Adcock (ici équipement Sadir C 254).
N, E, S, O : antennes orientées; f, feeders enterrés; t, transformateurs de couplage dont le secondaire attaque l'antenne par une extrémité, l'autre extrémité étant reliée à la terre par les 4 piquets de fer fixant les plaques de base et C, cabine du gonio; P, pupitre du chercheur Sadir C 254.

Là se trouve le « chercheur ». Quatre bobines, dont nous avons parlé au paragr. 231, y reçoivent le courant HF recueilli par chaque antenne.

Les enroulements du circuit d'entrée du récepteur radio sont constitués par 2 bobines montées en parallèle, l'une tournant dans le champ des bobines fixes nord et sud, montées en opposition, l'autre peut tourner dans le champ des bobines fixes est et ouest montées en opposition.

Les bobines mobiles prenant les tensions de chaque antenne, mais en les conjuguant ou en les opposant, selon leur position, le récepteur peut donc recevoir, soit un signal *maximum*, soit un signal *nul*, quand il y a opposition (extinction).

Cette extinction de l'audition est obtenue lorsque l'angle de déviation des bobines mobiles par rapport aux fixes est identique à l'angle formé par la direction de l'émetteur et l'axe des aériens. On règle les bobines pour que l'extinction soit obtenue sur le point O° (*nord*) du cadran circulaire, lorsque l'émetteur se trouve au nord. En fait, il pourrait y avoir une erreur de 180°, car l'extinction de l'audition sera aussi obtenue pour la position diamétralement opposée (sud si l'émetteur est au nord).

Aussi on opère de la façon suivante afin de « lever ce doute » :

1° le chercheur a un contacteur que l'on place sur la position *veille*: ainsi le récepteur reçoit un signal suffisant pour être accordé au mieux sur la station entendue dont on veut savoir la position;

2° le contacteur est placé sur la position « lever de doute ». Ceci met les bobines des antennes en liaison avec 4 autres bobines couplées entre elles, et non en opposition. On recherche alors un minimum d'audition en tournant le bouton

central qui fait tourner les bobines mobiles. Les antennes étant en phase par les bobines auxiliaires, il y a effet d'antenne, c'est-à-dire que le sens d'où vient l'émission est favorisé. Le cadran est calé à l'opposé, de façon à ce que le côté d'où vient l'émission soit désigné lors de la recherche du minimum et non du maximum.

3° On place le contacteur sur « relèvement ». Les seules bobines d'antenne sont alors en service avec les bobines mobiles, et il suffit de tourner cette fois le cadran lentement pour rechercher le point précis d'extinction, mais en ne s'écartant pas plus de 45° à droite et à gauche de la position trouvée au réglage précédent (voir ci-dessus : 2°), afin de rester du côté réel de l'émetteur.

Le récepteur est très sensible, c'est un superhétérodyne pour la gamme d'ondes prévue (exemple : 15-70 mètres ou 50-150 mètres) analogue aux récepteurs de trafic que nous étudierons à la 39e leçon.

Installation. — Endroit dégagé, aucune masse métallique ou ligne électrique ou téléphonique dont l'influence fausserait les résultats. Alimentation du récepteur par accus.

— Les 4 antennes aux sommets du carré comme indiqué ci-dessus, la cabine du gonio au centre, cabine non métallique;

— Les « feeders » sous plomb enterrés à 40 cm de profondeur et suivant la ligne directe de la diagonale, jusqu'au centre;

— Toute ligne téléphonique, ou électrique, partant de la cabine, doit être enterrée à au moins 2 mètres de profondeur sur 50 mètres de parcours;

Un petit générateur d'ondes courtes, à antenne émettrice verticale, est placé en différents points, aussitôt l'installation, pour vérifier si les lectures sont exactes (les branchements d'antennes pourraient avoir été inversés) et apprécier l'erreur qui peut être de quelques degrés. (On compare en visant la position du générateur avec une boussole.) Une courbe d'erreur peut être dressée pour pouvoir corriger rapidement les lectures qui seront faites en exploitation.

302-3. — Radiogoniométrie sur ondes très courtes (1,65 à 8 m) :

Radiogoniométrie sur ondes très courtes. — Les émetteurs O.T.C. sont maintenant utilisés même pour le radioguidage des avions. Un émetteur OTC au sol envoie les signaux que l'avion capte grâce à un cadre. La réception étant nulle lorsque le cadre est perpendiculaire à la direction de l'émetteur, il suffit que le cadre soit fixé perpendiculairement à l'axe de marche de l'avion pour que l'extinction des signaux émis au sol indique que l'avion est bien orienté vers l'émetteur, donc vers le but. Ce radioguidage a été jusqu'ici réalisé sur O. C., mais de plus en plus on le réalise sur ondes de 5 à 7 mètres (O.T.C.),

On emploie maintenant deux faisceaux d'ondes émettant des signaux morses complémentaires (au silence d'une onde d'une durée de 1 point correspond à ce moment un point émis par l'autre onde, etc.). Deux cadres différents à l'émission projettent ces deux faisceaux d'ondes lorsque l'avion est dans l'axe de l'émetteur, les deux ondes lui parviennent également et il entend un son continu. Dès qu'il sort de l'axe, il entend au contraire le signal haché de l'une des deux ondes.

Les émetteurs O.T.C. employés sont alors plus puissants que le montage de la figure 263 et ils réalisent souvent 500 watts de puissance HF de sortie. Le montage comprend alors un étage oscillateur à faible puissance souvent contrôlé par quartz, mais il sert de « pi-

lote », car il est suivi d'étages amplificateurs HF qui reçoivent l'onde qu'il a créée.

Il est souvent équipé pour osciller sur une fréquence plusieurs fois plus basse que celle désirée (exemple sur une longueur d'onde de 48 mètres pour obtenir une onde de 8 mètres) et dans ce cas plusieurs étages sont multiplicateurs de fréquence.

Les émetteurs puissants O.T.C. (EXEMPLE : Ceux qui servent au radioguidage) utilisent souvent une antenne à effet directif. Dans ce cas, au lieu d'un « doublet » à longueur de brins réglable, c'est un aérien de forme particulière se rattachant à la famille des « cadres ».

— Exemple : le gonio SADIR C 87 T. On fait tourner comme un cadre (paragr. 302) un aérien groupant 2 antennes demi-ondes O.T.C. en forme de spires verticales (voir fig. 283 *ter*). L'axe central porte à sa base l'index se déplaçant sur un cadran. Un système de bagues et frotteurs assure les contacts entre les feeders verticaux venant de l'antenne et les connexions allant au récepteur, contacts assurés ainsi malgré la rotation. Deux disques de lecture donnent l'un le

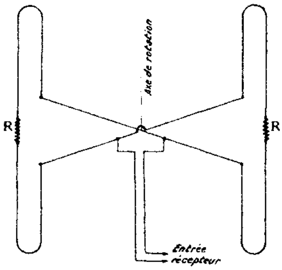


Fig. 283 *ter*

Principe de l'aérien tournant pour le gonio O.T.C. Sadir C 87 T.

relèvement géographique (direction de l'émetteur à reporter sur la carte pour trouver son emplacement par la méthode de la fig. 281), l'autre le cap magnétique en degrés, autrement dit le nombre de degrés qu'un pilote d'avion devra maintenir sur son compas de bord (boussole) pour se diriger exactement vers la station gonio O.T.C.

Le gonio O.T.C. SADIR 1,65 à 3 mètres a une portée utile de 150 km sur émission de 25 watts.

302-4. — La technique des « radars ». — Ils ont permis la victoire alliée. Les « radars » sont de types très divers, et de toutes puissances et dimensions. Voici quelques-uns des appareils désignés sous ce nom général

— Radar terrestre de défense contre avions, signalant l'approche de tout aéronef, un faisceau d'ondes émises par « tops » (train d'ondes très bref) explorant le ciel, l'écho reçu s'inscrivant sur l'écran d'un tube à rayons cathodiques avec évaluation de la distance d'après la durée entre signal et écho; l'orientation du radiateur d'ondes donnant la direction. Action jusqu'à 300 km en 1941, avions volant à 5.000 mètres; action jusqu'à 160 km en 1941, avions volant à 150 m. d'altitude. Ces distances sont accrues désormais;

— Radar terrestre de défense contre avions, « S.L.C. » ou « Elsie », orientant automatiquement les canons de D.C.A.;

— Radar des avions de chasse de nuit « A.I. », guidant ceux-ci vers les ennemis;

— Dispositif « I.F.F. » à bord des avions alliés recevant les tops des radars terrestres alliés, et les réémettant avec renforcement ou prolongation pour se faire reconnaître des amis;

— Dispositif « P.P.I. », terrestre, donnant sur l'écran du tube, grâce à un balayage radial, la direction exacte de l'objectif d'où vient l'écho, **dans la zone environnant le radar, zone que le faisceau tournant explore continuellement;**

— Radar de marine, types d'interception (de navires ou de sous-marins) et de conduite de tir (contre navires) : « G.L. »;

— Radar « G.E.E. » guidant les avions vers leurs objectifs grâce à un petit radar au sol, doublé d'un autre (« esclave ») réémettant les échos du premier. L'avion reçoit à bord sur un écran les signaux lui permettant de savoir sa position exacte;

— Radar « Oboe » très précis faisant connaître du sol, dans la région de l'objectif, aux avions l'instant précis où ils doivent lâcher les bombes;

— « Rebecca-Eureka », bien connu du service français clandestin d'atterrissages et parachutages : le Rebecca sur l'avion envoie des tops, l'Eureka placé au sol sur le terrain clandestin renvoie automatiquement ces tops avec signalisation appropriée;

Dix installations de ces *balises-radar* (1) Rebecca-Eureka sont en service sur dix aérodromes militaires français, exemple à Toulouse-Blagnac, à Chartres, etc... Le dispositif d'atterrissage sans visibilité I.L.S. 51 est en service à Orly.

— Radar anti-collision, d'avions, sur longueur d'onde de 3 cm.

— Radar-altimètre, sur 0,75 m de longueur d'onde (400 Mc/s) utilisant la différence entre l'onde directe envoyée en faisceau vers le sol et l'onde réfléchie revenant à bord.

— Radar-altimètre à sonde, émettant des impulsions sur onde de 60 cm et inscrivant la distance du sol d'après la durée séparant l'impulsion de l'écho.

— Radar placé dans le nez des obus de D.C.A., les faisant éclater lorsqu'ils passent à côté de l'avion. Dans ce type, la conception diffère : l'émission est

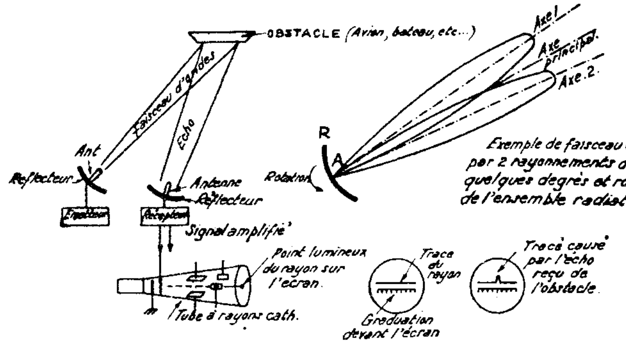


Fig. 283 *quater*

Les RADARS. — L'émetteur n'envoie un faisceau d'ondes que pendant un temps très court (impulsion) de quelques microsecondes à une cadence de un millier d'impulsions par seconde. Le récepteur est bloqué automatiquement juste au moment où l'émetteur émet. Le récepteur n'est donc influencé que par l'écho qui revient vers l'antenne. L'intervalle entre l'émission du « top » d ondes et l'écho reçu se mesure par la distance parcourue par la trace lumineuse d'un rayon d'électrons sur l'écran d'un tube à rayons cathodiques. Cet intervalle représente le temps de parcours de l'impulsion et de l'écho, donc on évalue la distance de l'objectif. La graduation du tube à rayons cathodiques peut être faite en yards, ou mètres, ou miles, ou kilomètres.

(1) Balises-radar, un ouvrage de 700 pages, de Roberts, a été traduit en français et va être mis en vente prochainement par les Editions Chiron, 40, rue de Seine, Paris (6e). Niveau : agents techniques et ingénieurs.

continue et non par trains d'ondes. L'écho revient avec une fréquence différente, à cause du déplacement rapide de l'émetteur-récepteur, d'où un battement entre les deux fréquences, un filtre sélectionne le battement, et le courant obtenu commande l'éclatement de l'obus.

Les fréquences varient énormément selon la fonction : certains sont sur 10 cm de longueur d'onde, et des tubes « klystrons » (paragr. 266 *ter*) ou « magnétrons », sont donc nécessaires pour créer des oscillations. D'autres sur 50 cm, d'autres sur 1 m. de longueur d'onde. Les distances à apprécier, la nature des objectifs commandent le choix de la fréquence et de la puissance.

Dès 1936, la France réalisait sur ce principe des « détecteurs d'obstacles » (sur le *Normandie*, au port du Havre, etc.), mais le dispositif s'est considérablement perfectionné.

La fig. 283 *quater* et sa légende donnent le principe de base. Bien entendu, la déviation du rayon cathodique dans le tube indicateur est guidée par les tensions appliquées sur les plaques, et ces tensions sont variables à la même fréquence que la fréquence d'envoi des tops par l'émetteur. Ainsi, la trace lumineuse débute à chaque top émis. La tension de sortie du récepteur, due à l'écho capté, vient provoquer une déviation perpendiculaire, d'où le crochet lumineux signalé. Ce crochet paraît se déplacer sur l'écran au fur et à mesure que la distance de l'obstacle varie.

Mais le radar ne dit plus seulement la distance : le faisceau d'ondes voyage dans le ciel, ou à ras du sol, par la rotation complexe de l'antenne, et sa position lorsque un écho signale un obstacle rencontré, détermine exactement l'« azimut » de l'ennemi et l'angle de visée par rapport à l'horizon.

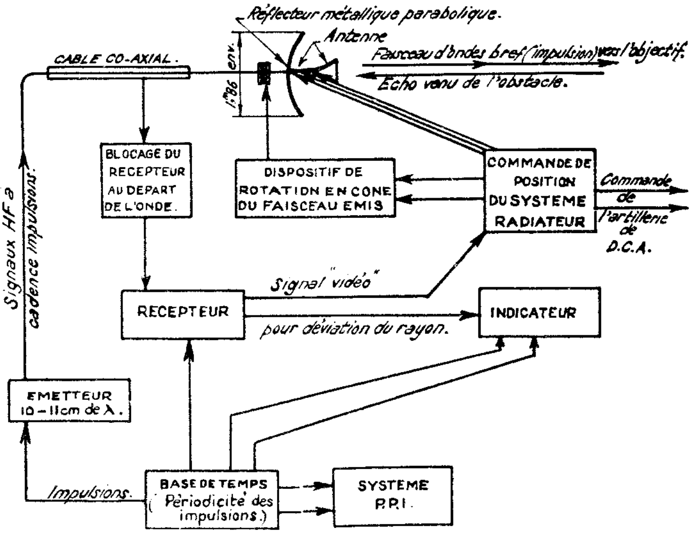


FIG. 283 *quinquiès.*

Exemple simplifié d'une installation « Radar ». Le système P.P.I. ou plan de position indicator *est le tube à rayons cathodiques donnant la situation de l'aérien au moment où le faisceau touche l'objectif. La trace lumineuse balaie l'écran comme un rayon tournant. Sa position donne donc la* direction *de l'objectif, lorsqu'on la relève au moment où un écho arrive. La persistance de luminosité fait que le point provoquant l'écho reste lumineux après le passage du rayon tournant. Des cercles concentriques gradués en distances permettent de juger de l'éloignement de l'objectif.*

Dans le nez des avions de chasse le « radar » est fixe : l'avion file droit vers l'ennemi si le pilote le dirige de façon à ce que l'écho se maintienne sur son écran.

Les avions amis ont à bord un co-radar, qui réémet un top lorsqu'il en reçoit un venant d'un radar terrestre de mêmes caractéristiques. Ce top renforce l'écho et la station terrestre voit à la déformation du crochet qu'il s'agit d'un ami.

La précision des radars est extraordinaire. Nous allons préciser leur fonctionnement et aussi la complexité des actions à déclencher simultanément.

La « base de temps » est un dispositif qui commande la périodicité des impulsions que le radar émettra. La décharge périodique de tubes électroniques fixe la cadence. A cette cadence, un émetteur puissant a son oscillation débloquée un court instant (émission d'ondes).

Le radiateur peut servir à la fois à l'émetteur et au récepteur, ou alors celui du récepteur est à quelques mètres de celui d'émission. Nous envisageons le cas où le même radiateur reçoit l'écho. Il le transmet au récepteur, alors que celui-ci avait été bloqué par la base de temps au moment où celle-ci débloquait l'émetteur. La base de temps a aussi commandé le balayage du rayon d'électrons dans le tube à rayons cathodiques.

L'écho a fourni au récepteur une tension de sortie qui, non seulement fait apparaître sur l'écran de l'indicateur la tache révélatrice, mais aussi commande par relais les dispositifs d'orientation du faisceau d'ondes. Cette orientation détermine l'orientation des canons de D.C.A.

Voici quelques caractéristiques d'un radar américain : SCR-584.

Longueur d'onde. — 10 à 11 cm, soit une fréquence de 2.900.000 à 2.700.000 de kilocycles/s.

Réflecteur. — Parabolique de 1 m. 85 de diamètre utilisé pour l'impulsion comme pour la réception de l'écho, même antenne également.

Puissance des impulsions. — 300 kilowatts-antenne.

Durée du train d'ondes. — 0,8 microseconde.

Cadence des impulsions. — 1.707 à la seconde.

Récepteur. — Amplification sur moyenne fréquence de 1.700 Kc.

L'angle exploré est de 4° sans balayage rotatif du faisceau conique, et de 7° avec balayage. L'azimuth explorable est de 360°, la portée utilisable maximum de 28 à 64 km, la portée minimum (distance minimum radar-ennemi à détecter) de 450 à 900 m. L'approximation de distance : exactitude à 1 m. 80 près, en plus ou en moins.

Approximation angulaire : ± 0,06 degré (réfléchissez à cette précision).

Les radars de D.C.A. sont installés sur un ou plusieurs camions et pèsent 12 tonnes.

Les radars d'avions sont aussi peu encombrants que leurs installation. normales de radio.

NOTE. — *Un cours élémentaire d'initiation à la technique du radar, édité en 1946 en Angleterre : « RADAR, radiolocation simply explained » par le major Hallows, chef instructeur, a été traduit en langue française et publié par les Editions CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6e). Un volume de 144 pages.*

Voici deux autres ouvrages récents, moins élémentaires :

Ce que le technicien doit savoir du radar, *par* Lucien CHRÉTIEN, *Ing. E.S.E. Un cours complet convenant parfaitement aux candidats à l'examen radio de marine marchande 2e et 1re classe. Il paraît en* 1950 *et enseigne très bien la technique de tous les éléments des radars, notamment un remarquable cours sur les magnétrons. Editions Chiron, Paris.*

Et enfin : Technique et évolution du radar, *par le capitaine de corvette* DEMANCHE : *équation du radar, choix des paramètres, organes essentiels : émetteur-récepteur aériens, indicateurs (niveau 1re classe, sous-ingénieur et ingénieur). Editions Chiron, 40, rue de Seine, Paris (6e).*

TRENTE-SEPTIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION (Suite)

MONTAGES RÉCEPTEURS. - POSTES A RÉACTION ET A SUPER-RÉACTION

Les récepteurs de trafic diffèrent essentiellement selon la portée des liaisons à obtenir. Le récepteur à réaction n'est plus utilisé maintenant. Son étude précède celle du récepteur à super-réaction qui a été employé en ondes très courtes. Nous verrons aux leçons suivantes les appareils de trafic qui eux sont à changement de fréquence (superhétérodynes).

Le récepteur de trafic pour faibles portées lui-même fait plutôt appel au superhétérodyne (SCR 536-BC 611 (38e leçon).

303. — Principe de la détectrice à réaction. — La détection par lampe triode est avantageusement réalisée par la méthode dite « détection grille » étudiée au paragraphe 257. La sensibilité est grande, les signaux faibles sont parfaitement reproduits; si on peut reprocher à cette méthode la déformation des signaux puissants, on lui reprochera plutôt de ne pouvoir fournir facilement une tension détectée négative utilisable pour l'effet antifading.

Les montages dits « détectrice à réaction » sont en pratique toujours effectués à partir de la détection grille. Nous allons voir comment on ajoute à celle-ci l'effet de « réaction ».

Dans la détection grille, une partie seulement de la tension haute fréquence représentant le signal et appliquée entre grille et filament est redressée. La partie non redressée est amplifiée également par la lampe et l'on retrouve dans le circuit plaque des variations HF.

On peut résumer ainsi les phénomènes dont le circuit plaque est le siège :

Lorsque la lampe est au repos (aucun signal appliqué à la grille), un courant plaque (valeur quelques milliampères) circule; il est de valeur constante (donc courant continu).

Si l'on applique un signal entre grille et filament, le courant plaque varie autour de sa valeur de repos; deux variations l'affectent à la fois :

1° Des variations à basse fréquence qui reproduisent le son dont était chargé le signal HF, *s'il s'agit d'une onde modulée;* c'est le résultat direct de la détection.

2° Des variations à haute fréquence, reproduisant le signal HF, ayant donc la même fréquence que lui, la lampe ayant fonctionné également en amplificatrice HF.

L'effet de réaction consiste à utiliser cette oscillation HF, inutile dans le circuit plaque, en la renvoyant sur le circuit grille. Si le report de cette énergie est fait de façon à ce qu'elle s'ajoute à celle du circuit grille, elle subira à nouveau avec elle la détection et l'amplification. Nous verrons plus loin (paragraphe 304) les conséquences heureuses de ce report d'énergie.

Le schéma de la figure 284 indique comment peut être effectué en

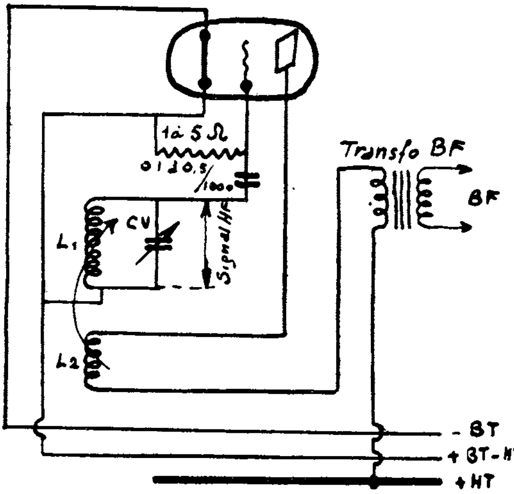


Fig. 284

Principe de montage d'une lampe détectrice à réaction avec détection grille. La flèche couvrant les bobinages L_1 et L_2 indique qu'ils sont couplés entre eux et que ce couplage est variable par éloignement et rapprochement.

principe le report d'énergie. Le bobinage L_2 traversé par le courant plaque est couplé au bobinage de grille L_1 et lui transmet ainsi les oscillations HF parvenues dans le circuit plaque. On voit que ce schéma correspond exactement à celui d'une lampe oscillatrice (voir paragraphe 259).

Comme dans un montage de lampe oscillatrice, l'entroulement plaque L_2 doit être bobiné de façon à ce qu'en allant du +HT vers la plaque le sens d'enroulement soit contraire à celui obtenu en allant du — ou + BT vers la grille dans le bobinage L_1. Ainsi l'énergie reportée est ajoutée et non soustraite à celle du signal : il y a « réaction ».

Comme le montage est le même que celui d'une lampe oscillatrice, le même résultat : oscillation de la lampe et production d'une onde entretenue, devrait se produire.

Mais une variation est apportée dans le montage d'une détectrice à réaction : le couplage entre les bobinages L_1 et L_2 est variable : on peut ainsi doser la quantité d'énergie reportée. Il est donc possible d'éviter la production d'une oscillation par la lampe, tout en reportant le plus possible d'énergie. Et si l'on désire la production de l'oscillation, il suffira d'augmenter le couplage L_1 L_2 en rapprochant les bobinages par exemple.

303 *bis*. — Accrochage - Décrochage. — *On dit que la lampe accroche lorsqu'elle entre en oscillation* par suite d'un dosage important de l'énergie reportée.

On dit que la lampe décroche lorsque son oscillation cesse parce qu'on a modéré le dosage d'énergie reportée.

Ce dosage variable est appelé couramment : manœuvre de « la réaction ». Il y a des méthodes bien différentes de celle qui consiste à rapprocher les bobinages L_1 et L_2. Nous les étudierons plus loin (paragraphe 305).

L'accrochage d'une lampe détectrice à réaction est signalé par l'audition d'un « toc » qui se fait entendre dans le casque branché sur le récepteur, au moment précis où la manœuvre de la commande de réaction détermine cet accrochage. Puis un sifflement se fait entendre. La hauteur de ce sifflement varie avec le dosage de la réaction.

Ce sifflement est dû à l'action mutuelle des deux oscillations HF qui affectent les circuits de la lampe :

1° L'oscillation HF du signal reçu et que l'on veut détecter,

2° L'oscillation HF produite par la lampe elle-même lorsqu'elle est accrochée.

Le sifflement est une oscillation égale à la différence de fréquence des deux oscillations HF. C'est le résultat de leur action mutuelle, on dit de leur interférence ou leur battement. Ce phénomène est analogue à celui qui se produit dans un récepteur à changement de fréquence : interférence d'un signal et d'une oscillation locale (voir paragraphe 268).

Mais ici, la différence de fréquence des deux oscillations est très faible : l'une est celle du signal qui sera par exemple une onde de 600 mètres, soit une fréquence de 500 kc. ou 500.000 périodes; l'autre est déterminée par la valeur du circuit accordé; or il est accordé sur la longueur d'onde du signal à recevoir, théoriquement elle devrait donc être de la même fréquence; différence : zéro, et il n'y aurait pas de sifflement.

Mais la manœuvre du dosage de la réaction introduit un léger désaccord (si l'on rapproche les deux bobinages la valeur de la self L_1 augmente) ; l'oscillation de la lampe accrochée, si l'on dépasse la position d'accrochage, sera par exemple de 498 kc. ou

498.000 périodes. Résultat : il se produit un sifflement de fréquence 500.000 — 498.000 = 2.000 périodes (note aiguë).

Le décrochage d'une lampe détectrice à réaction est signalé au cours de la manœuvre inverse du dosage de la réaction (éloignement des bobines L_1 L_2 par exemple) *par un « toc » qui se fait entendre dans l'écouteur et par l'interruption du souffle et du sifflement constatés lorsque la lampe est accrochée.*

304. — Conséquences de l'effet de réaction. — Indépendamment de l'accrochage de la lampe, et avant le réglage pour lequel il se produit, la réaction produit des effets remarquables.

L'amortissement du circuit oscillant de grille, dû aux pertes diverses, est compensé par l'apport d'énergie; par suite :

1° *La sensibilité augmente considérablement :* des signaux très faibles donnent après détection une puissance sonore égale à celle des signaux puissants venus d'un émetteur plus proche. La portée utile est donc très accrue.

2° *La sélectivité est très améliorée :* l'accord du circuit pour un réglage donné favorise une seule longueur d'onde : les brouillages dus aux émetteurs non désirés sont éliminés. Ceci est dû à ce que la compensation obtenue de l'amortissement donne au circuit une courbe de résonance plus pointue.

Ces deux qualités, sensibilité et sélectivité, sont d'autant plus accrues que l'on se trouve près du point d'accrochage, la lampe étant encore décrochée.

La manœuvre de la réaction consistera donc dans ce cas à placer le réglage juste avant le « toc » caractéristique. C'est ce que l'on fera pour recevoir au mieux une onde modulée : radiotélégraphie modulée ou radiotéléphonie.

Mais un autre avantage consiste dans la possibilité « en accroché » d'obtenir un signal BF, le sifflement dont nous avons parlé.

Réception des ondes entretenues pures. — Ne portant aucune modulation, les ondes entretenues pures, en radiotélégraphie, laisseraient le récepteur muet.

Il suffit de placer le réglage de la réaction de façon à fonctionner en « accroché »; le sifflement obtenu et qui est réglable par le déplacement de la réaction se superpose à l'onde reçue : on entend ce sifflement pendant les points et les traits que dure l'onde, hachée à l'émission par le transmetteur au moyen de son manipulateur.

305. — Montages pratiques de détectrices à réaction et dispositifs qu'ils comportent pour le dosage de l'effet de réaction. — Le montage de principe que nous venons d'étudier et qui est représenté en figure 284 peut fort bien être réalisé, mais il fut vite abandonné les bobinages des récepteurs devenant tous de très petites dimensions.

MONTAGES A SELF DE RÉACTION FIXE EN DÉRIVATION AVEC DOSAGE DE LA RÉACTION PAR MANŒUVRE DU CONDENSATEUR VARIABLE PLACÉ EN SÉRIE. — C'est le montage classique de la détectrice à réaction. Une self de choc empêche la haute fréquence de passer dans le circuit plaque, et un circuit secondaire en dérivation formé par un condensateur de faible valeur et la self de réaction, dérive la tension HF disponible à la plaque.

Voyez ainsi le schéma n° 5, fig. 285 : la self L_3 couplée au circuit

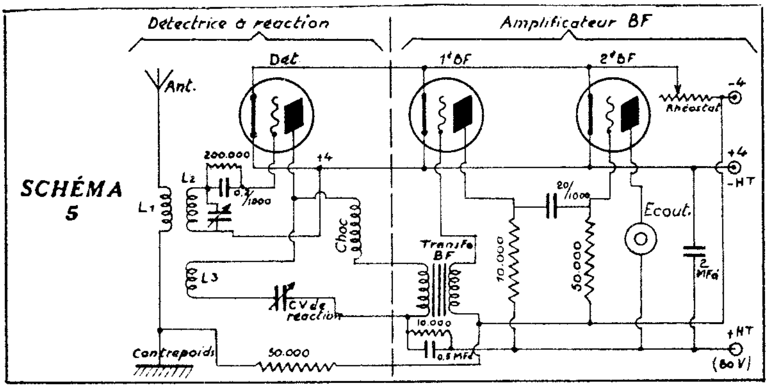


Fig. 285

Schéma 5 : 1 lampe triode détectrice, avec réaction réglable par le CV de réaction, plus 2 lampes triodes amplificatrices BF. Ondes reçues : 55 à 85 m et 75 à 120 mètres (2 gammes) par selfs interchangeables (type ER 22).

grille accordé L_2 est parcourue par le courant HF dérivé de la plaque par la self de choc; mais un condensateur variable placé dans le circuit permet de doser l'importance de ce courant HF dérivé; par la manœuvre de ce condensateur variable de zéro (CV ouvert) vers son maximum (CV fermé), on peut donc doser l'énergie reportée de L_3 sur L_2 sans déplacer les selfs. Pour une position donnée, l'accrochage de la lampe est obtenu. Juste avant ce point précis, on obtiendra la réception des ondes modulées (radiotélégraphie modulée et radiotéléphonie) dans les meilleures conditions de sensibilité et de sélectivité; juste après ce point de l'accrochage, on obtiendra la réception des ondes entretenues pures grâce au sifflement d'accrochage qui permettra d'entendre leur signaux (Morse).

MONTAGES A SELF DE RÉACTION FORMÉE PAR UNE PARTIE DE LA SELF DE GRILLE PARCOURUE PAR LE COURANT DE CATHODE. — C'est là l'application du montage oscillateur ECO étudié en émission figure 248. Au lieu de prendre la HF dans le circuit plaque, on la prend à la cathode et il suffit de relier celle-ci à une prise faite sur l'enroulement grille pour que le report d'énergie soit fait à la grille dans le sens convenable. Pour doser l'effet de réaction et, si besoin est,

pousser jusqu'à l'accrochage, il suffit de régler la tension d'écran de la lampe. C'est ce qui est fait pour la détectrice (lampe III) du montage récepteur de la fig. 286 à grande sensibilité (car ce montage comporte deux amplificatrices haute fréquence avant la détection). C'est le montage adopté pour des récepteurs d'avions.

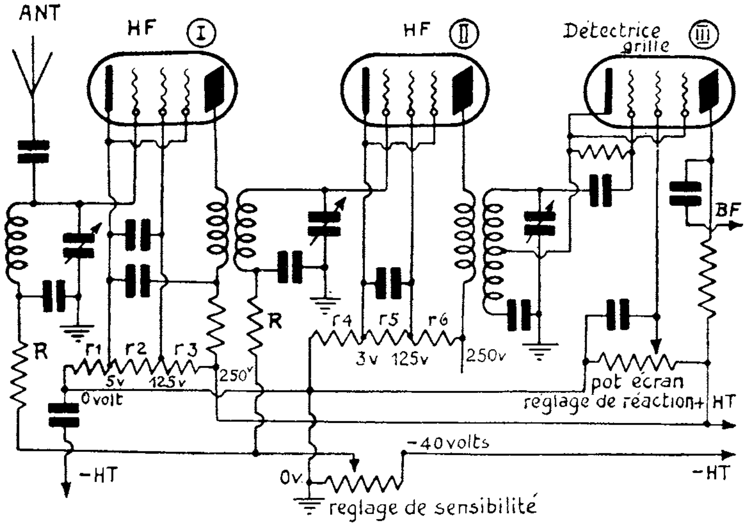


Fig. 286

Schéma d'un récepteur de trafic pour liaisons assez lointaines. Le montage comprend deux étages amplificateurs haute fréquence précédant une détectrice à réaction (III). Le réglage de la tension écran de II règle la réaction et l'accrochage. Le réglage de sensibilité règle la polarisation de la lampe d'entrée et, par là, la sensibilité du poste (lampes HF à pente variable). Comparer le montage des lampes HF avec les schémas étudiés en théorie aux par. 265, fig. 224 et paragr. 206. Les résistances r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6 déterminent les potentiels de cathode et écran des deux lampes HF qui ont donc toujours trois volts au moins de polarisation entre cathode et grille. Mais le retour des grilles par les résistances R de 100.000 à 250.000 ohms se fait sur un potentiomètre qui fait varier la tension de grille de 0 à 40 volts. Ainsi la pente variable (voir par. 266) des deux lampes HF est commandée et donc la sensibilité du poste.

305 *bis*. — Méthode de réglage d'un récepteur détectrice à réaction.

Il s'agit d'un récepteur ondes de 50 à 3 000 mètres; les lampes sont à chauffage direct, on peut donc agir sur l'émission cathodique des lampes par réglage du chauffage des filaments.

1° Mettre en service le récepteur, les sources d'alimentation étant branchées par la manœuvre du rhéostat de chauffage des lampes (le tourner jusqu'aux deux tiers de sa course) ; coiffer le casque.

2° La longueur d'onde sur laquelle émet le correspondant étant connue, lire sur le tableau d'étalonnage le réglage correspondant du

ou des condensateurs variables d'accord, et, s'il y a lieu, le numéro de la gamme d'ondes du récepteur qui y correspond.

3° Placer les organes de réglage d'après les lectures faites.

EXEMPLE : *Longueur d'onde 135 m.; graduation du CV : 56; gamme d'ondes : I.*

On placera le boîtier de selfs sur la position I, on règlera le CV de façon que l'aiguille soit à la graduation 56.

Si la gamme d'ondes est déterminée par une manette à plots, on place cette manette sur le plot indiqué par le tableau.

Si deux condensateurs variables d'accord (primaire et secondaire) équipent l'appareil et que le tableau indique le réglage de chacun, les régler en conséquence. Mais si le réglage est indiqué seulement pour le condensateur variable secondaire, régler seulement celui-ci; le condensateur primaire ne sera réglé que plus tard.

4° Manœuvrer le réglage de réaction : bouton de manœuvre des selfs, ou condensateur variable de réaction, ou rhéostat de chauffage, de façon à entendre le toc d'accrochage.

A) Si l'onde à recevoir est une onde entretenue pure, il faut régler la réaction après le toc d'accrochage.

B) Si l'onde à recevoir est une onde modulée ou de téléphonie, il faut régler la réaction juste avant le toc d'accrochage, mais le plus près possible de celui-ci.

5° Retoucher lentement d'une ou deux graduations le réglage du condensateur variable secondaire, ou du condensateur variable unique, de façon à entendre le correspondant.

Celui-ci obtenu, noter la graduation précise, puis améliorer la réception en agissant :

a) Sur le condensateur variable primaire s'il en existe un; on le règle pour obtenir un renforcement;

b) Sur le rhéostat de chauffage, sans dépasser la position repérée sur son cadran correspondant au chauffage maximum des lampes (3v.,8 sont conseillés, pour certaines lampes 4 volts) ;

c) Sur le réglage de la réaction, sans franchir la limite du toc d'accrochage ou de décrochage, suivant que l'on se trouve dans le cas B ou dans le cas A du paragraphe 4° ci-dessus.

d) Sur le couplage d'antenne, s'il est réglable; on cherche alors la position correspondant à une réception suffisante, sans qu'il y ait toutefois brouillages par d'autres émetteurs (couplage trop fort).

Les deux dernières manœuvres obligent à retoucher chaque fois le réglage du ou des condensateurs variables d'accord.

306. — Montages récepteurs à super-réaction pour ondes très courtes. — Le principe de la « super-réaction », vieux de vingt ans, est très différent de celui de la réaction. En effet, ce n'est plus un report d'énergie HF,

c'est un apport d'une autre énergie haute fréquence créée par un oscillateur inclus dans le récepteur, et sur une longueur d'onde très différente (très grande, 25.000 mètres, par exemple).

Cette oscillation, non modulée, donc inaudible, même après détection, est appliquée à la lampe détectrice grille. On peut l'introduire soit dans le circuit grille recevant déjà le signal HF capté, soit dans le circuit de cathode de la lampe.

Pendant les alternances positives de l'onde de 25.000 mètres, l'énergie apportée compense toutes les pertes : on dit qu'un état de résistance « négative » se trouve créé, les circuits de la lampe ne sont plus amortis, le maximum de sélectivité et de sensibilité (qui est, à un moment, infinie théoriquement) est obtenu pour l'amplification du signal HF capté. Le phénomène se reproduit à chaque nouvelle période de l'oscillateur auxiliaire (fréquence : 12.000 périodes/sec. si sa longueur d'onde est 25.000 mètres).

Récepteur O.T.C. 2.314 SADIR (voir l'émetteur correspondant fig. 254, schéma 5. — Récepteur à super-réaction pour ondes de 4 m. 50 à 8 m.

Le récepteur d'avion *SADIR RI 537* était aussi à super-réaction, et pour les mêmes longueurs d'onde.

La super-réaction, une fois mise au point à l'usine, est très stable; le réglage n'est pas plus délicat que pour les postes à réaction. Mais le bruit de fond (souffle) est un peu élevé. C'est le seul montage, avec les superhétérodynes, qui eux changent de fréquence dès les premiers étages, qui puisse fonctionner à coup sûr sur ces très hautes fréquences.

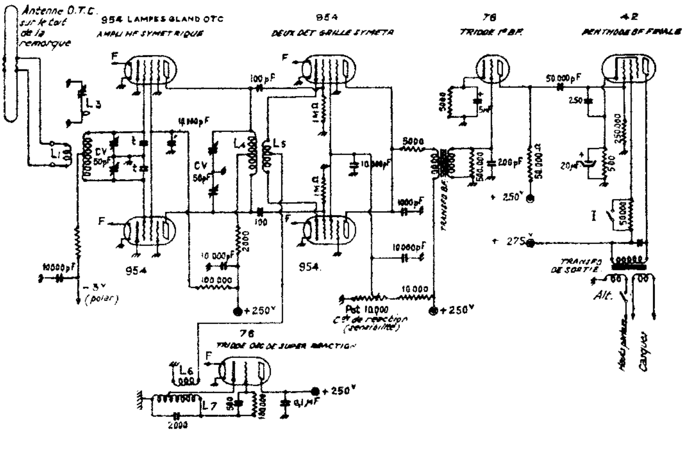


Fig. 286 *bis*

Schéma d'un récepteur O.T.C. (ondes de 4 m. 50 à 8 m.) Sadir 2314 pour liaison avec les avions. L'alimentation non représentée ici fait partie intégrante du récepteur.

Dans le SADIR 2.314 (fig. 286 *bis*) nous rencontrons un étage amplificateur HF monté en symétrique, avec lampes-glands 954 penthodes, puis un étage à détection grille monté également en symétrique avec les mêmes lampes. Mais les cathodes, au lieu d'être reliées directement au —HT, le sont par un enroulement L_5 couplé au circuit L_4 : il y a là *réaction* ordinaire. Cet effet de réaction est dosé par le réglage de la tension d'écran (pot. de 10.000 Ω) des détectrices. En plus de l'enroulement L_5, un enroulement L_6 fait partie de leur circuit de cathodes :

il leur apporte les tensions de super-réaction, L_6 étant couplé à L_7, bobinage oscillateur sur 25.000 mètres de longueur d'onde, la lampe oscillatrice 76 étant montée en ECO (revoir fig. 248).

Après les étages amplificateurs BF classiques (lampes 76 et 42), nous trouvons un transformateur de sortie qui possède plusieurs secondaires : l'un attaque la bobine mobile du haut-parleur du poste d'écoute (dans la remorque automobile), l'autre le haut-parleur du poste de commandement, un autre les circuits téléphoniques par l'intermédiaire d'un « termineur », afin de transmettre par fil à un abonné ou un officiel les paroles prononcées par le radio de l'avion en vol, émises sur OTC, 4 à 8 mètres, et captées par le 2.314.

Un dispositif spécial dit « alternat automatique » peut agir sur ce circuit de sortie du récepteur. Nous en parlerons au paragr. 317 *bis*.

L'alimentation du récepteur SADIR 2.314 fait partie de l'appareil : un transformateur branché sur le secteur électrique 110 volts donne par un secondaire le chauffage 6,3 volts pour les filaments des lampes, par un autre secondaire 5 volts pour le filament de la valve, par un autre à prise médiane 2 X la haute tension pour les plaques de la valve. On obtient en HT continue 275 volts avant la self de filtrage, 250 volts après elle, et — 3 volts entre le point milieu HT (— HT) et la masse, grâce aux résistances (50 ohms) insérées entre — HT et masse. Ces — 3 volts servent à polariser les lampes HF 954 (revoir schéma fig. 286 *bis*).

307. — Etages d'amplification basse fréquence des récepteurs à réaction. — Les montages de récepteurs utilisant de faibles tensions plaque (40 ou 80 volts ou même 20 volts) ont besoin de deux étages d'amplification basse fréquence après la détection, pour assurer le fonctionnement du casque.

De même les appareils de trafic à plus grande sensibilité comportant des étages amplificateurs HF, demandent aussi après la détectrice un ou deux étages d'amplification basse fréquence pour obtenir au casque des signaux puissants.

L'amplification dite « de puissance » par une lampe finale à grand courant plaque n'est pas nécessaire, quand on ne désire pas l'audition en haut-parleur. Ce sont des « volts BF » que l'on désire seulement et non des « watts » comme pour un haut-parleur.

Le schéma de la figure 285 montre clairement pour tous les appareils de ce genre le montage de ces étages d'amplification qui ne nécessitent aucun réglage, bien entendu, et qui ne demandent même pas de source de polarisation négative pour leurs grilles (voir paragraphe 279 de cet ouvrage), car ici les tensions plaque sont si faibles qu'un retour du circuit grille sur le point le plus négatif du filament (— 4) est suffisant pour un fonctionnement correct.

Les étages sont montés souvent avec une liaison par transformateurs basse fréquence ou une liaison par résistance pour le deuxième étage dans le schéma 5. Nous rappelons que le principe de ces modes de liaison a été étudié dans le paragraphe 254 de cet ouvrage.

Mais lorsque l'appareil est d'un type à grande sensibilité, comme le récepteur à lampes HF de la figure 286, la haute tension fournie étant de 250 volts, les liaisons sont faites par résistances. Nous don-

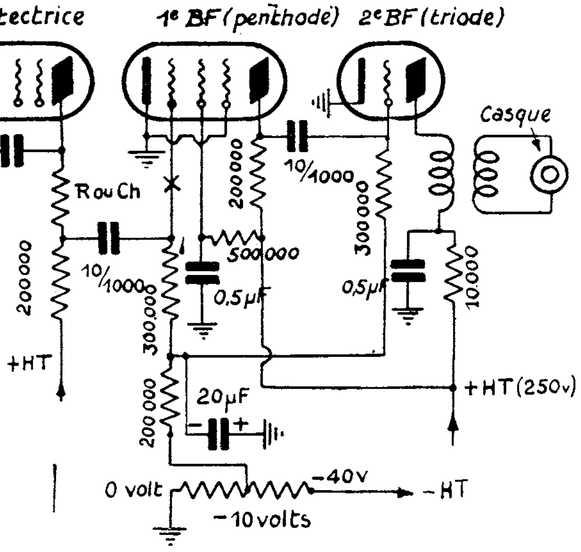


Fig. 287

Schéma de principe des étages amplificateurs BF complétant le récepteur de trafic à amplification directe dont la fig. 286 donne le schéma de l'amplification HF et de la détection.

nons ainsi en fig. 287 le schéma de l'ampli BF qui complète le récepteur de la figure 286.

Nous avons un autre exemple avec les étages BF montés à résistances (lampes 76 et 42) dans le récepteur O.T.C. SADIR 2314 (schéma ci-dessus fig. 286 *bis*).

TRENTE-HUITIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION (*Suite*)

LE SUPERHÉTÉRODYNE

COMME RÉCEPTEUR DE RADIODIFFUSION ET COMME RÉCEPTEUR DE TRAFIC A FAIBLE DISTANCE (SCR 536-BC 611)

1° RÉCEPTEUR DE RADIODIFFUSION

Les récepteurs de radiodiffusion qui sont installés dans tous les foyers et qui permettent l'écoute des concerts et des informations répondent à d'autres besoins que les récepteurs de trafic. Leur perfectionnement a ouvert la voie à de nouvelles solutions en radio-transmission et des récepteurs superhétérodynes à hautes performances ont été établis pour le trafic en ondes courtes et la radiogoniométrie.

On peut dire que désormais toutes les liaisons à grande portée qui ont fait naître les émetteurs modernes à amplification haute fréquence, sont assurées du côté réception par des changeurs de fréquence (superhétérodynes).

Ces appareils professionnels de trafic sont maintenant beaucoup plus perfectionnés que les récepteurs de radiodiffusion. La 39e leçon leur sera consacrée.

308. — Caractéristiques générales du récepteur classique de radiodiffusion. — *Le récepteur classique de radiodiffusion est un récepteur superhétérodyne*, c'est-à-dire un récepteur appliquant le changement de fréquence que nous avons étudié à la 33e leçon (paragraphes 268 à 272). *C'est un récepteur alimenté directement par le secteur*, pour la simplicité de l'utilisation et de l'entretien.

Voici les conditions auxquelles il doit satisfaire :

SENSIBILITÉ ÉLEVÉE. — La puissance sonore normale en haut-parleur (1 watt modulé) est obtenue avec des signaux captés venus de stations lointaines, leur énergie dans l'antenne peut n'être que de quelques microvolts. L'énorme amplification des lampes modernes à chauffage indirect par le secteur, du type penthode (voir paragraphes 265-266) ou hexode, ou heptode ou octode (suivant leur fonction). permet cette grande sensibilité.

GRANDE SÉLECTIVITÉ. — La séparation nette d'émetteurs très proches en longueurs d'onde (proches de 9 à 10 kc. en fréquence) est rigoureuse; cependant, il faut que de chaque côté de la fréquence

porteuse passent les fréquences de la modulation qui lui sont inférieures ou supérieures de 4.500 à 5.000 périodes. Il faut donc une « bande passante » totale de 9 à 10 kc. de large, et au delà de celle-ci le silence puisqu'il s'agit d'émetteurs voisins en fréquence non désirés.

PUISSANCE SONORE ÉLEVÉE. — La puissance modulée fournie au haut-parleur par le dernier étage basse fréquence du récepteur est au moins de 1 à 2 watts, souvent elle pourrait atteindre 4 watts; un réglage de la puissance sonore est prévu.

FIDÉLITÉ MUSICALE. — Afin de reproduire fidèlement la modulation musicale, l'amplification basse fréquence du récepteur doit transmettre à peu près également toutes les fréquences comprises entre 50 et 5.000 périodes et ne pas introduire de fréquences parasites fabriquées par le récepteur. Sur ce point, bien des appareils du commerce sont en défaut : la recherche du *bon marché* fait employer des circuits insuffisamment étudiés; il y a déformation des sons (phénomène appelé distorsion). La fidélité de reproduction musicale dépend aussi beaucoup du haut-parleur utilisé.

GAMMES D'ONDES DE RÉCEPTION. — Les émetteurs mondiaux de radiodiffusion emploient les ondes les plus diverses, des *ondes courtes* (gammes de 13 mètres, 17 m., 19 m,. 25 m., 31 m., 50 m.) qui groupent chacune de nombreux émetteurs, aux *petites ondes* (de 195 à 570 mètres) qui groupent en Europe une centaine d'émetteurs, et *aux grandes ondes* (de 700 à 1.900 m.). qui, en Europe, groupent 8 émetteurs.

En effet, les grandes ondes ayant des fréquences plus faibles ne permettent pas plus d'émetteurs; la différence entre les fréquences de deux émetteurs doit être d'au moins 9 kilocycles, largeur en fréquence de la bande de modulation émise par chacun.

En Europe, les récepteurs classiques de radio comportent généralement : 1° Une gamme GO de 800 à 2.000 mètres; 2° Une gamme PO de 195 à 565 mètres; 3° Une gamme OC de 19 à 52 mètres, ou encore

Deux gammes OC : 13 à 29 mètres et 25 à 60 mètres.

D'autres solutions pour la répartition des gammes permettant de couvrir ces gammes avec des condensateurs variables d'accord de capacité plus faible (120 $\mu\mu$Fd au lieu de 460 à 500 $\mu\mu$Fd) ont vu le jour; il faut plus de gammes, donc plus de bobinages pour assurer la réception des mêmes longueurs d'onde. Mais les circuits sont mieux étudiés et ont un rendement plus élevé.

309. — Constitution d'un récepteur classique. — Le récepteur à changement de fréquence, ou *superhétérodyne* peut seul réunir à peu près les qualités nécessaires. La sensibilité, la sélectivité suffisante (grâce aux filtres de bande réglés sur la valeur moyenne fréquence) peuvent être obtenues avec ce montage.

L'étude du changement de fréquence a été faite au paragraphe 266. En application de cette étude, voici les principaux étages d'un récepteur moderne; le schéma de la figure 288 montre les circuits que nous allons passer en revue.

1° ETAGE CHANGEUR DE FRÉQUENCE. — Equipé d'une lampe spéciale pour changement de fréquence, ici l'heptode 6A8 ou encore la triode-hexode 6E8; les deux premières grilles servent à créer l'oscillation locale, la deuxième grille servant de plaque : les bobinages oscillateurs (différents pour chaque gammes d'ondes OC, PO ou GO) sont mis en circuit par les deux inverseurs III et IV. Leur circuit plaque est « en dérivation ». (Application de l'étude faite au paragraphe 261, fig. 214). Le circuit grille est accordé par le condensateur variable CV_0 sur une valeur supérieure de la valeur MF à la fréquence de l'onde reçue. La grille G reçoit le signal HF capté, venu du transformateur HF qui l'a sélectionné par son accord grâce au condensateur variable CV_a. Il y a un transformateur HF (bobinages primaire et secondaire) spécial pour chaque gamme d'ondes : OC, PO et GO. Les inverseurs I, II, III et IV sont solidaires et mus par une seule manœuvre.

Grâce à la résistance de 30.000 ohms, la tension de la grille *p* (plaque osc.) est d'environ 150 volts, alors que la HT totale est 250 volts.

Les écrans (grilles 3 et 5) sont à + 100 volts.

2° ETAGE AMPLIFICATEUR MOYENNE FRÉQUENCE. — La valeur moyenne fréquence d'accord des transfos MF1 et MF2 est 472 kc. (voir l'étude sur le choix de la valeur MF au paragraphe 269 de cet ouvrage). La lampe penthode utilisée est à pente variable (étudiée au paragraphe 266) ; elle est ici du type 6BA6 (coefficient d'amplification théorique maximum : 6600). Pente : 4,4 mA/volts.

Le schéma général de cet étage correspond bien à notre étude faite au paragraphe 271.

3° ETAGE DÉTECTEUR. — Le récepteur moderne emploie une détectrice diode qui ne fournit aucune amplification, mais qui donne un courant BF reproduisant correctement la modulation du signal HF (fidélité). — Le schéma de cet étage est dérivé directement de notre étude faite au paragraphe 245. Les tensions BF obtenues apparaissent entre les extrémités de la résistance de 250.000 ohms. On a réalisé ici un *dispositif de réglage de la puissance sonore du récepteur* en plaçant une prise réglable sur une résistance (potentiomètre) pour prendre tout ou partie de la tension BF avant de l'envoyer aux étages amplificateurs suivants.

Cette lampe diode permet également la commande du système antifading du récepteur : le circuit de la diode d_2 concerne ce dispositif, nous l'étudierons dans un paragraphe suivant (311).

4° ETAGE D'AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE. — Il utilise un tube penthode à pente fixe (étudié au paragraphe 265) qui est ici du type 6H8. Son montage est exactement celui d'un amplificateur à résistances, comme étudié au paragraphe 254 : « Méthodes de liaison des étages amplificateurs basse fréquence ».

L'écran de cette lampe penthode est alimenté à partir du + 250 volts par une résistance série de 1 mégohm selon la méthode étudiée au paragraphe 282.

5° ETAGE AMPLIFICATEUR BF DE PUISSANCE. — Une lampe tétrode 6V6 de puissance capable de fournir 3 à 4 watts modulés au haut-parleur (puissance sonore suffisante pour une grande salle) est employée. Ce type de lampe a été étudié à la fin du paragr. 265 *bis*, et le schéma de principe de cet étage étudié au paragraphe 256 : « L'Amplification basse fréquence de puissance ».

6° L'ALIMENTATION. — Le secteur alternatif 50 périodes fourni ordinairement sous une tension de 110, 130 ou 220 volts alimente le primaire du transformateur d'alimentation. Au secondaire, un enroulement fournit le chauffage des 5 lampes 6E8, 6BA6, 6H8, 6V6, 6AF7 sous une tension de 6 volts; un enroulement « haute tension » de 2 × 350 volts fournit la tension à redresser par la valve, chauffée grâce à un enroulement de 5 volts. Le filtrage est assuré par un enroulement bobiné sur noyau de fer, placé dans le haut-parleur : cet enroulement dit d'excitation fournit ainsi en même temps le champ magnétique puissant nécessaire au fonctionnement du haut-parleur. Les condensateurs de filtrage de 16 μF sont du type électrolytique.

Le schéma général de cette alimentation est bien conforme à notre étude du paragraphe 277.

7° LE HAUT-PARLEUR. — Il est le plus souvent du type *électrodynamique*, le plus fidèle et le seul capable de traduire les puissances sonores d'une certaine importance. Le courant plaque de la lampe finale chargé des variations de grande amplitude qui correspondent au son, traverse le primaire d'un transfo BF dont le secondaire a très peu de spires; on y retrouve donc un courant BF, seul, de très grande intensité. Il parcourt une petite bobine légère placée au centre d'une membrane conique. Sous le double effet du champ magnétique puissant créé par l'enroulement d'excitation et des variations du courant qui la traverse, elle se déplace et vibre à la fréquence du courant, donc à la fréquence des sons à reproduire. La membrane conique vibre avec elle et ébranle l'air.

310. — Aperçu bref des compléments remarquables du récepteur radiophonique moderne : commande unique - antifading. — Le récepteur moderne a mis en œuvre des dispositifs remarquables qui trouveront leur application dans bien d'autres domaines.

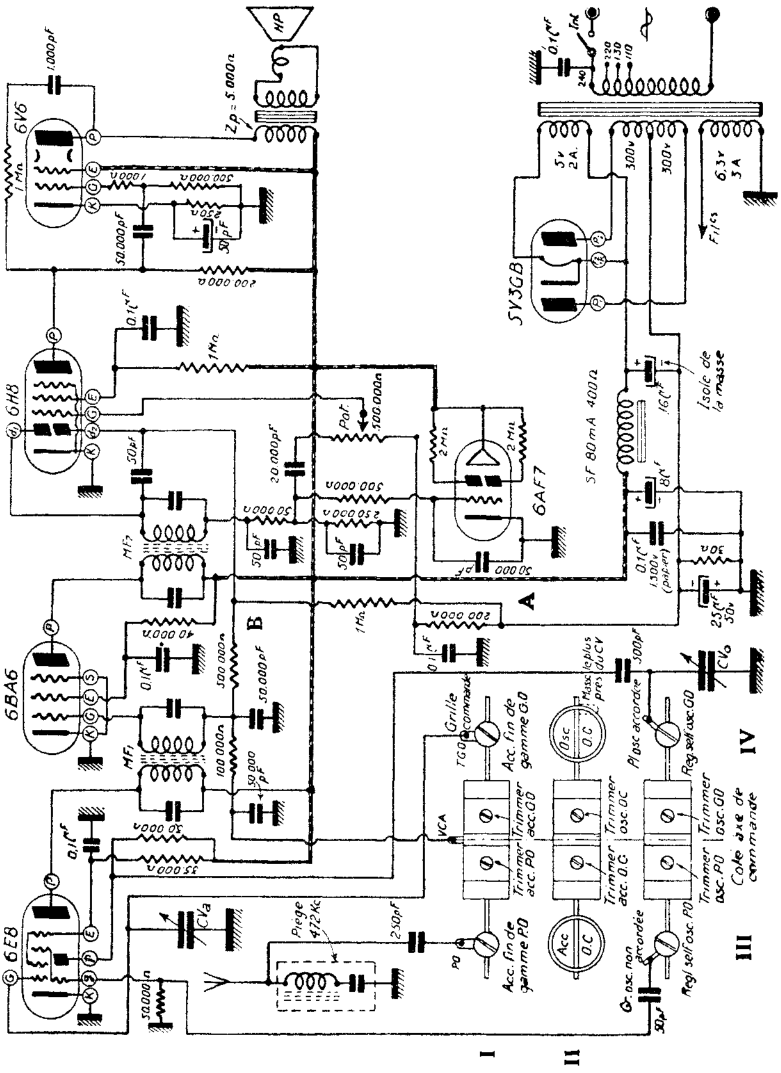


Fig. 288

Schéma 5 lampes alt. — Superhétérodyne récepteur de radiodiffusion classique : 3 gammes d'ondes OC 18 à 52 m; PO 195 à 560 m; GO 800 à 1.900 m, obtenues par contacteur avec une quatrième position branchant le pick-up (auditions de disques) par un cinquième inverseur non représenté ici qui branche ce pick-up entre la grille de la 6H8 et la masse. MF 472 Kc. Détection diode avec commande antifading par variation automatique de la sensibilité de la 6E8 et de la 6BA6 (à pente variable). Amplification basse fréquence à deux étages, le dernier (lampe 6V6) étage de puissance peut donner 3 watts modulés.

COMMANDE UNIQUE. — Le condensateur variable d'accord HF du superhétérodyne (CV1 sur notre schéma) et le condensateur variable de l'oscillateur de cet appareil (CV2) ont un réglage bien défini pour chaque longueur d'onde à recevoir.

Or, pour pouvoir les assembler sur le même axe et obtenir leur réglage par une manœuvre unique, il faudrait que les deux variations soient également progressives. Il n'en est rien : l'accord du CV de l'oscillateur se fait sur des fréquences toujours supérieures (de la valeur MF) à celles du CV d'accord, et il s'en suit que la variation en fréquence est plus rapide pour le CV oscillateur s'il a la même valeur que le CV d'accord. Le problème consisterait donc à utiliser un condensateur variable qui pour l'oscillateur aurait une valeur maximum plus faible, et une variation plus lente spécialement étudiée.

La solution est différente : grâce à de petits condensateurs ajustables (t_2 et t_5) placés en parallèle (appelés trimmers) sur les bobinages d'accord et d'oscillateur on peut donner une capacité de départ différente pour les deux circuits. Grâce à un petit condensateur ajustable p_1 (appelé padding) placé en série avec le circuit accordé de l'oscillateur, on peut rectifier en fin de course la variation de son condensateur variable. Le résultat, lorsque les opérations de réglage des ajustables faites une fois pour toutes par le metteur au point du récepteur construit ont été faites selon une méthode déterminée, est l'identité des variations des circuits accord et oscillateur lorsque l'on manœuvre le condensateur variable à axe unique, à deux cellules CV_a et CV_o.

Cette question a été traitée spécialement à l'usage des radiotechniciens dans notre ouvrage « Technique de l'alignement des récepteurs à commande unique » (1). Nous le signalons aux lecteurs intéressés.

SYSTÈMES ANTIFADING. — La propagation des ondes venues d'émetteurs lointains étant sujette à des évanouissements ou fading (voir paragraphe 233) on a mis au point les dispositifs antifading qui permettent au récepteur de se *sensibiliser automatiquement lorsque le signal HF devient plus faible.* On aboutit ainsi à un contrôle permanent de la sensibilité de l'appareil en fonction de la valeur du signal reçu.

Ce dispositif indispensable pour la réception des ondes courtes émises à plus d'une centaine de kilomètres, est simple dans son principe.

L'appareil récepteur schématisé en figure 288 comprend un système simple d'antifading, le circuit de la diode d_2 le concerne.

A la détection, par la lampe diode, le courant détecté obtenu est un courant variable (BF), mais variable autour d'une valeur moyenne d'autant plus élevée que le signal reçu était plus fort. Ce courant circulant dans le sens unique plaque-filament, le point B est plus négatif que le point A et donc d'autant plus négatif que le signal

(1) Etienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, Paris, 64 pages en réimpression.

reçu était plus fort. Par l'intermédiaire de fortes résistances qui n'occasionnent aucune chute de tension, car il n'y a aucun courant dans ce circuit, la tension négative de B est appliquée aux circuits grilles des lampes amplificatrices HF et MF (ici 6E8 et 6BA6). Celles-ci sont à pente variable (voir paragraphe 226) : leur amplification est donc contrôlée par la valeur du signal reçu. Nous résumons ainsi :

Signal faible : le point B est peu négatif par rapport à la masse (— 1 volt par exemple), les grilles des lampes HF et MF sont peu négatives, les lampes amplifient au maximum.

Signal fort : le point B est très négatif par rapport à la masse (— 15 volts par exemple), les lampes HF et MF sont très polarisées négativement, ces lampes amplifient très peu.

Résultat : les deux effets s'équilibrent, et la valeur de la tension obtenue en basse fréquence est à peu près constante quelle que soit l'ampleur du signal reçu.

CONTROLE DE LA TONALITÉ. — Ce complément des récepteurs de radiodiffusion est peu remarquable dans sa forme la plus répandue : il suffit de placer en parallèle sur le circuit d'entrée du haut-parleur un condensateur fixe d'une valeur suffisante pour que les fréquences un peu élevées (notes aiguës) y trouvent un chemin facile et soient ainsi atténuées dans le circuit du haut-parleur.

Un dispositif de contrôle de tonalité du récepteur peut être placé entre P de la 6V6 et la masse : une résistance variable de 50.000 ohms est en série avec le condensateur de 30/1.000; au maximum de résistance, le condensateur a peu d'effet et les notes aiguës restent transmises au haut-parleur; au minimum de résistance le chemin est ouvert et les notes aiguës reproduites sont atténuées.

Ce dispositif simple en fait n'est pas une solution musicale; des procédés beaucoup plus scientifiques qui permettent de doser véritablement l'amplification de telles ou telles fréquences musicales par rapport à d'autres sont maintenant possibles sur les récepteurs soignés : l'application de la *contre-réaction* en basse fréquence a permis ces résultats.

310 *bis*. — Constitution des récepteurs de radiodiffusion plus perfectionnés. — Sur la base du superhétérodyne classique que nous avons pris comme exemple, et dont la qualité dépendra de la qualité de ses éléments (bobinages surtout, qui, dans les postes modernes à MF 472 kc. sont réalisés sur noyaux magnétiques) des récepteurs plus poussés peuvent être établis. Les adjonctions essentielles peuvent être :

1° *Un étage amplificateur haute fréquence* placé à l'entrée du récepteur, avant l'étage changeur de fréquence. Cette solution est rare sur les récepteurs de moins de 8 lampes.

Elle permet d'effectuer le changement de fréquence sur un signal déjà amplifié, ce qui diminue beaucoup le bruit de fond; elle augmente la sensibilité de l'appareil; enfin, elle sélectionne les signaux avant le changement de fréquence grâce à l'accord de son premier circuit et

cela évite tous les troubles « image de fréquence » définis au paragraphe 269 et qui même avec une moyenne fréquence élevée (472 kc.) se produiraient encore en OC.

2° *Un étage amplificateur basse fréquence de puissance double*

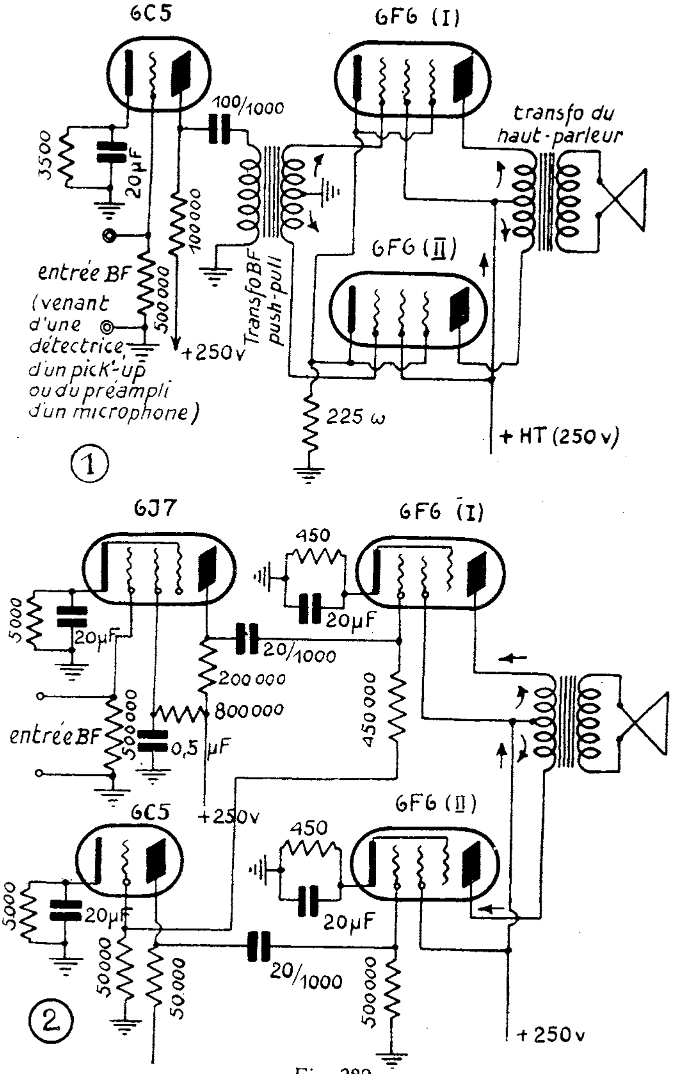


Fig. 289

Deux schémas d'amplificateurs basse fréquence symétriques dits « push-pull », pour récepteur de radiodiffusion.

Premier schéma : liaison à transformateurs BF.

Deuxième schéma : liaison par résistances-capacité, la lampe 6C5 réalisant alors l'inversion des signaux de façon à ce qu'ils soient de sens opposé à la grille de la lampe II.

équipé en « push-pull », c'est-à-dire un amplificateur à deux branches symétriques travaillant en opposition (déphasage de 180° des tensions BF dans chacune) et dont les effets se totalisent dans le haut-parleur. Le résultat peut être une haute fidélité musicale par suite de la compensation automatique des déformations introduites dans chaque branche de l'amplificateur; la puissance sonore peut être très accrue. Cette solution est employée sur les récepteurs de grand luxe. Nous ne nous étendons pas sur ce point, les récepteurs de trafic n'ayant pas de besoins ni en fidélité musicale, ni en puissance sonore élevée.

Ce dispositif est facilement obtenu par l'emploi de transformateurs BF de liaison à deux secondaires opposés. Une lampe de puissance équipe chaque « branche » d'amplification (fig. 289 - 1).

Le modulateur de l'émetteur de Marine MR 303 Radio-Océan utilise un ampli BF symétrique de ce type (fig. 272).

Moins simplement, mais avec de meilleurs résultats en fidélité de reproduction lorsqu'on ne peut disposer de transformateur BF de haute qualité (enroulements largement calculés, à faible capacité entre spires, tôles de grande perméabilité magnétique), on peut alors réaliser un montage BF symétrique sans transfos : une lampe supplémentaire (déphaseuse) inverse une partie du signal BF pour le confier à la deuxième lampe de puissance devant travailler en opposition de l'autre (fig. 289 - 2).

3° DIVERS DISPOSITIFS : *Sélectivité variable*, pour le réglage de la bande passante admise, *antifading retardé, réglage silencieux, réalisation du contraste sonore, contre-réaction basse fréquence*, font des récepteurs de radiodiffusion des appareils toujours en progrès. La sélectivité variable et le réglage silencieux que nous allons étudier à la 39e leçon pour les appareils de trafic, nous intéressent seuls.

Les PARASITES restent l'écueil le plus sérieux de la radiodiffusion. Ils sont de deux natures :

1° *Parasites atmosphériques*, oscillations de forme et fréquence indécises, qui affectent les signaux haute fréquence et qui sont causés par les décharges atmosphériques; ils sont cause de bruits gênants à l'écoute; ils sont peu importants sur ondes inférieures à 50 mètres.

2° *Parasites industriels*, oscillations de forme complexe également, souvent persistantes, occasionnées par toutes les ruptures, étincelles, etc. (décharges oscillantes) et dont les sources sont souvent les moteurs, les appareils à décharges électriques : enseignes lumineuses, vibreurs, etc... Ils sont, soit véhiculés par le secteur électrique (et les appareils batteries comme les postes portatifs en sont alors exempts), soit transmis par rayonnement sur les systèmes collecteurs : antennes.

Le premier cas impose l'emploi de *filtres* soignés sur les sources d'alimentation; le second entraîne la recherche d'une protection par antennes élevées à descente blindée pour éviter le rayonnement parasite.

Nous avons dit que les appareils pour ondes *modulées en fréquence* sont beaucoup moins affectés par les parasites. Par ailleurs, même pour les ondes modulées en amplitude selon la pratique habituelle, on peut monter des dispositifs limiteurs d'amplitude dans les récepteurs pour réduire l'action des parasites puissants. (Voir la 39e leçon). Il y a lieu toutefois de traiter les circuits électriques des véhicules automobiles portant les émetteurs et récepteurs, afin d'éliminer les parasites qui sont virulents sur ondes métriques.

2° LE SUPERHÉTÉRODYNE BATTERIES UTILISÉ EN RÉCEPTEUR DE TRAFIC A FAIBLE DISTANCE

Le superhétérodyne portatif, sur batterie de piles, ne peut prétendre aux mêmes performances que le récepteur à tubes alimentés sur secteur ou sur batteries de voiture, avec convertisseur haute tension.

La haute tension fournie par piles est de 90 à 103 volts.

La basse tension étant de 1,5 à 3 volts, on utilise des tubes à chauffage direct (filament émissif, donc pas de cathode). Les tubes 1R5 (heptode changeur de fréquence) 1T4 (penthode amplificateur de tension) 1S5 (diode-penthode détecteur et préamplificateur BF) 3S4 et 3V4 (penthodes amplificateurs BF de puissance) sont les plus employés.

Ces récepteurs portatifs, version actuelle des appareils dits de « camping » employés aussi comme récepteurs de poche par les piétons (coffret style sac à main de dame) ont reçu une application militaire dans les « handie-talkie » pour liaisons à faible distance.

311. — Récepteur superhétérodyne batteries de l'ensemble d'émission-réception « handie-talkie » SCR536-BC611 porté à la main. — L'appareil a été étudié en émission au paragr. 292-3 (fig. 261 *ter*), son modulateur au paragr. 296 (fig. 272 *ter*). Les mêmes tubes, par le jeu du contacteur « parole-écoute » placé sur le côté du coffret (fig. 261 *bis*) servent aux circuits de réception.

Les longueurs d'onde de fonctionnement peuvent être comprises entre 50 et 85 mètres (6 à 3,5 Mc/s : ondes courtes). On choisit la longueur d'onde de fonctionnement par changement du quartz « *Qu. réc.* » et changement des deux bobinages L_1 et L_2. Notons que le quartz « *Qu. réc.* » est celui de l'oscillation locale du changeur de fréquence; il doit être taillé pour une fréquence supérieure de la valeur MF (455 Kc/s) à celle du quartz « Qu. ém. » utilisé en émission par le correspondant. La longueur d'onde étant la même pour les deux interlocuteurs, le quartz « Qu. ém. » a donc toujours une fréquence inférieure de 455 Kc/s à celle du quartz « Qu. réc. » du même appareil.

Nous donnons en fig. 289 *bis* le schéma obtenu dans la position « écoute » (réception). — Voici les fonctions assurées alors par les tubes.

1° *Etage amplificateur HF.* — Il est équipé d'une lampe 3S4, qui est une amplificatrice de puissance (à cause de son rôle en émission) ici utilisée en amplificatrice HF de tension. C'est pour cela que l'on alimente seulement la moitié de son filament, le branchement du + 1,5 volt n'étant fait sur F_2 qu'en position « émission ». Le condensateur variable de 18-160 pF permet l'accord exact sur la longueur d'onde du correspondant, mais ce réglage, interne au boîtier, est effectué en atelier, ainsi que la mise en place des selfs interchangeables L_1 et L_2 correspondant à la longueur d'onde de travail choisie pour tout un lot d'appareils SCR 536 devant assurer les liaisons à l'intérieur d'une même unité. Remarquons que le circuit grille de cette 1re lampe, par sa résistance de grille de 1 MΩ, reçoit la tension de commande d'antifading par la ligne « VCA ». Cette ligne, même au repos (aucune réception de signal) est polarisée négativement comme nous le montrerons ci-après.

2° *Etage changeur de fréquence.* — Le tube 1R5 reçoit le signal f sur sa grille G. La grille g introduit l'oscillation locale sur une fréquence $f + 455$ Kc/s, grâce à un quartz taillé pour cette fréquence, monté entre grille oscillatrice et écrans E (servant ici de plaque oscillatrice). Le condensateur très petit de 7 pF

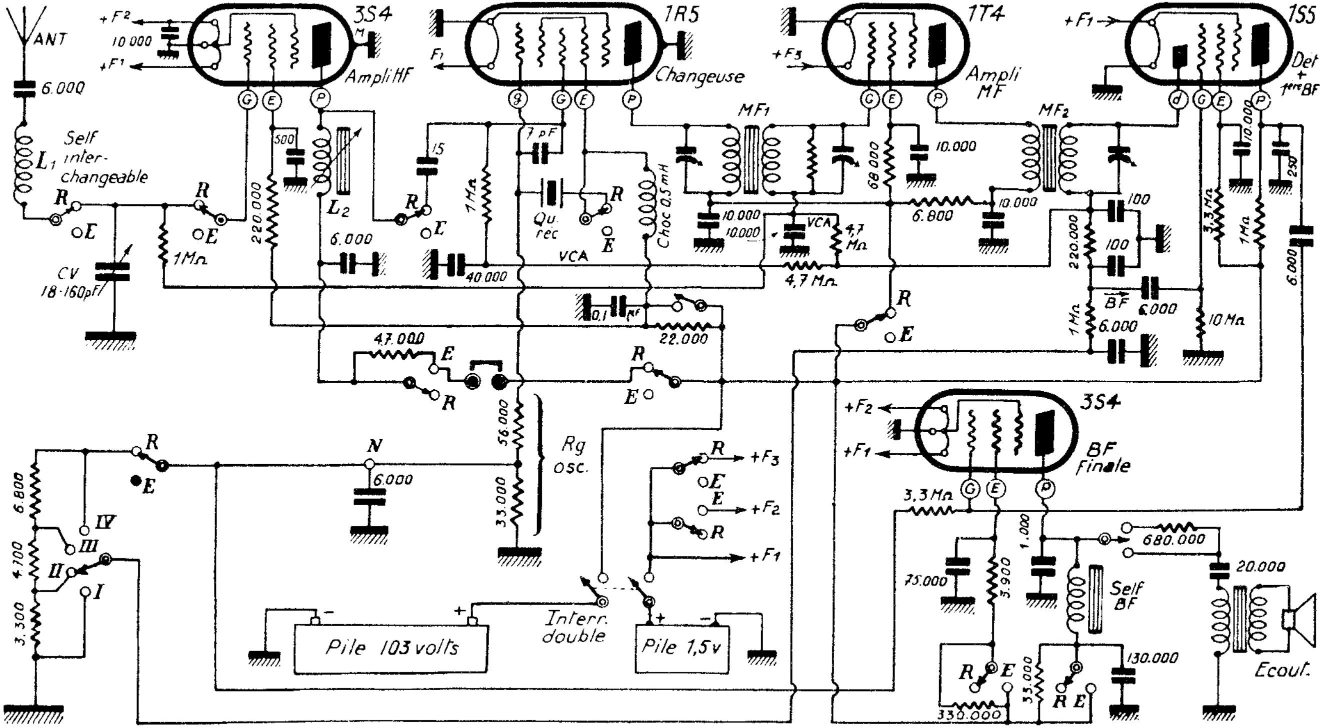


Fig. 289 *bis*

Schéma de l'ensemble émetteur-récepteur portatif SCR 536-BC 611 « handie-talkie », dans la position « écoute » (réception).

compense les capacités internes entre les deux grilles de commande (neutrodynation, revoir en théorie paragr. 253, fig. 203). Pour cette lampe aussi, la polarisation grille G est fixée par la ligne VCA. Dans le circuit plaque, le battement entre signal reçu et signal local est révélé sur 455 Kc/s, fréquence d'accord des transformateurs MF 1 et MF 2.

3° *Etage amplificateur MF :* est équipé du tube 1T4, qui, par suite du contact « + F_3 » ne s'allume que sur la position « réception » et s'éteint en émission. Ce tube est aussi polarisé négativement par la ligne VCA.

4° *Etage détecteur diode et 1re BF :* tube 1S5, charge de la diode de 1 MΩ, avec signal F à ses bornes repris par 6.000 pF et envoyé à la grille pour amplification BF. Ici la polarisation de ce tube n'est donnée que par la résistance de grille très élevée : 10 Mégohms.

5° *Etage BF de puissance.* — Celui-ci, avec tube 3S4, est vraiment « muselé » sur position « réception », par les résistances de 33.000 et 330.000 ohms dans les circuits plaque et écran. Ces résistances ne sont court-circuitées qu'en émission, quand ce tube 3S4 étant modulateur BF, doit donner toute sa puissance. Au contraire, en réception, comme il ne doit attaquer (par self BF et 20.000 pF) qu'un simple écouter, il doit donner nettement moins de puissance.

Sa résistance de grille de 3,3 MΩ apporte la polarisation négative de rigueur (— 3 volts environ) pour un tube de puissance par liaison à un point négatif N dont nous allons maintenant parler.

Polarisations négatives des tubes. — Tous, sauf le 1S5, sont polarisés au départ, au repos, par retour de leurs résistances de grille (directement comme pour le 3S4-BF ; ou par la ligne d'antifading : VCA pour les autres tubes) sur un point N.

Ce point est à une tension négative par rapport à la masse parce que placé dans la résistance de grille oscillatrice du tube 1R5. On voit que l'oscillation développée par le quartz (sur f + 455 Kc/s) donne une tension HF qui est détectée entre grille g et filament 1R5. En effet, le courant détecté referme son circuit par les résistances de g osc. : 33.000 + 56.000 ohms et y crée une chute de tension dont le sens donne en g le point négatif : — 8 volts environ. Au point intermédiaire N, on a — 3 volts.

La ligne VCA ne fait pas retour exactement sur N, mais sur les prises I, II, III ou IV d'une chaîne de résistances qui permet de faire varier la polarisation négative de départ des tubes HF, changeur et MF, donc de faire varier la sensibilité.

TRENTE-NEUVIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION (*suite*)

LE SUPERHÉTÉRODYNE

3° RÉCEPTEUR DE TRAFIC RADIOTÉLÉGRAPHIQUE ET RADIOTÉLÉPHONIQUE

Le récepteur superhétérodyne, c'est-à-dire à changement de fréquence, dont nous venons d'étudier la forme moderne pour l'écoute de la radiodiffusion, est maintenant employé pour les besoins militaires, aussi bien que pour les liaisons intercontinentales officielles ou commerciales.

Il s'impose dans des cas très nets :

1° *Liaisons à grande distance nécessitant un récepteur sensible et de réglage stable.*

2° *Liaisons sur ondes courtes à distances importantes ou même lointaines distances.* — C'est le cas des récepteurs coloniaux, des installations des groupes opérant sur les T.O.E. (théâtres d'opérations extérieures) ; c'est le cas des avions à grand rayon d'action.

Le récepteur différera du récepteur de radiodiffusion examiné dans les paragraphes précédents par les points suivants :

1° *Il sera réalisé aussi bien sur batteries que sur secteur,* soit avec lampes à chauffage direct modernes (type 2 volts à très faible consommation), soit avec lampes à chauffage indirect alimentées par grosses batteries d'automobile ou d'avion.

2° *Il sera équipé d'un ou de deux étages amplificateurs BF de tension, mais la puissance sonore ne sera pas recherchée.* — Cette particularité permet de réduire notablement l'alimentation du récepteur, la lampe de puissance étant de beaucoup la lampe la plus « gourmande » en courant plaque et courant filament.

Cependant l'écoute sur haut-parleur doit pouvoir être possible, et tous les récepteurs de trafic (exemple AR 88 D de RCA; RU-95 SFR; AME 7 G-1680) ont un étage BF de puissance.

312.1. — Constitution générale du récepteur de trafic superhétérodyne. — Le récepteur de trafic toutes ondes comprendra (figure 290) :

1° *un ou plusieurs étages d'amplification haute fréquence* accordés sur l'onde à recevoir par un condensateur variable multiple accordant en même temps les circuits du changement de fréquence. Ce ou ces étages sont équipés de *lampes penthodes HF à pente variable* (voir en théorie les paragraphes 265 et 266). Nous avons ainsi pour le récepteur de la fig. 293 deux penthodes 6K7 à pente variable.

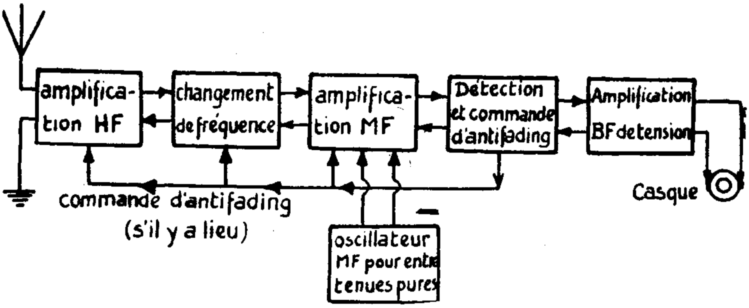


Fig. 290

Eléments des récepteurs de trafic super-hétérodyne pour modulation en amplitude.

La commande manuelle de sensibilité du poste se fait en faisant varier la polarisation des grilles HF par un potentiomètre parcouru par le courant HT, ce qui donne 35 à 50 volts de chute de tension négative disponible (voir fig. 291). Les résistances placées entre —275 et masse (fig. 293) permettent de fixer le potentiel d'écran (100 à 125 volts) et le potentiel de cathode (3 volts) de chaque lampe HF. Des condensateurs de 0,1 μF stabilisent les tensions appliquées à chaque électrode. *Les circuits accordés* comme L_1 et L_2 peuvent être à noyau magnétique pour les gammes de 30 à 1.000 mètres de longueur d'onde. Les « trimmers » t_1 et t_2 sont des condensateurs ajustables qui permettent de compenser les différences de capacités des circuits pour leur permettre d'être accordés par un CV à monocommande (revoir paragr. 310).

Notons que ces étages HF qui donnent au signal reçu des émetteurs une grande amplification, avant le changement de fréquence, ne sont pas indispensables. Ainsi, le récepteur batteries OC, plus simple,

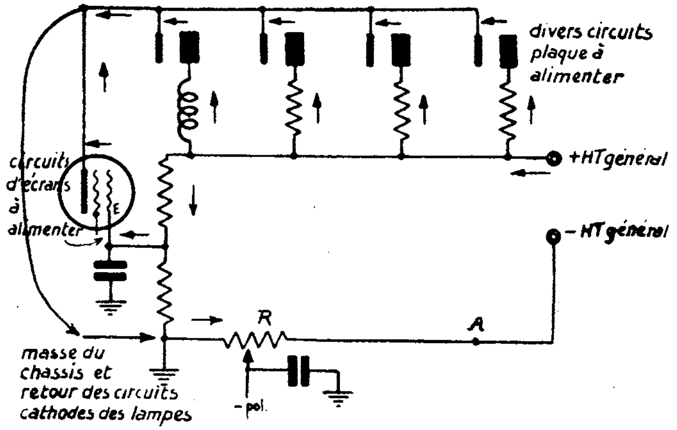


Fig. 291

Principe de la création d'une tension négative par rapport à la masse. Les courants plaques et écrans de lampes reviennent par les cathodes à la masse, mais ici le — HT général n'est pas réuni à la masse; il en est séparé par la résistance R que tous ces courants devront traverser pour fermer leur circuit. Résultat : il y a chute de tension dans R et le point A est négatif par rapport à la masse. Exemple : somme des courants HT du poste : 180 millis. Si R est égal à 200 ohms, A sera négatif de 36 volts par rapport à la masse et une prise variable sur R permettra de donner une polarisation négative variable de 0 à — 36 volts aux circuits qui y feront retour.

de la fig. 292, n'en comporte pas. Le récepteur de grand trafic OC de la fig. 293 *bis* en comporte un seul.

Avantages de l'amplification HF. — Sensibilité élevée : les signaux faibles d'émetteurs lointains sont suffisamment amplifiés pour permettre à l'étage chargeur de fréquence un meilleur rendement.

Souffle très diminué : le souffle causé par le changement de fréquence devient très faible, le signal amplifié en HF étant beaucoup plus fort par rapport à lui.

Elimination des brouillages et sifflements par les « images de fréquence » (voir paragr. 269) qui sans cela se produisent en ondes courtes, car la valeur de la moyenne fréquence y est faible relativement à la fréquence d'accord des émetteurs captés.

2° *Un étage de changement de fréquence.* — Il comprend comme pour le récepteur de radiodiffusion une lampe (mélangeuse) qui reçoit le signal HF, et qui fait interférer avec lui le signal d'une onde locale

fabriquée soit par le changement de fréquence, soit par une oscillatrice séparée. Nous pouvons avoir ainsi une lampe seule heptode 1R5, ou octode (AK2-KK2, comme récepteur, fig. 292, EK2, EK3) ou

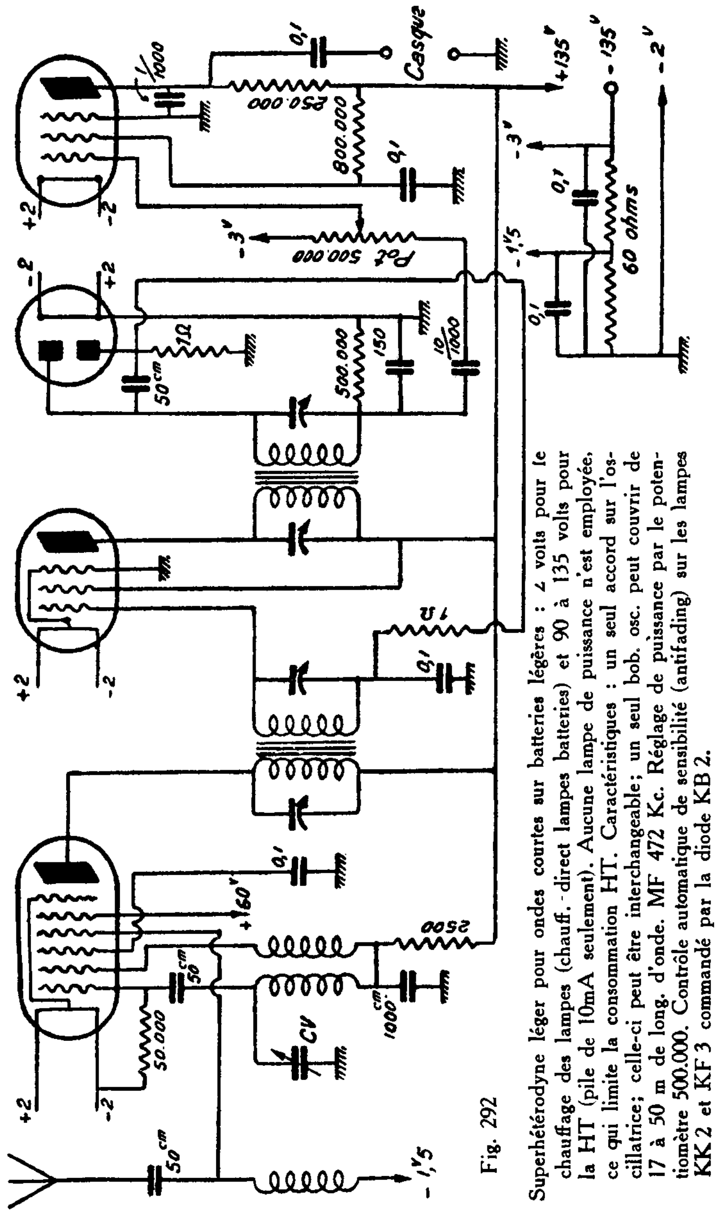


Fig. 292

Superhétérodyne léger pour ondes courtes sur batteries légères : 2 volts pour le chauffage des lampes (chauff. direct lampes batteries) et 90 à 135 volts pour la HT (pile de 10mA seulement). Aucune lampe de puissance n'est employée, ce qui limite la consommation HT. Caractéristiques : un seul accord sur l'oscillatrice; celle-ci peut être interchangeable; un seul bob. osc. peut couvrir de 17 à 50 m de long. d'onde. MF 472 Kc. Réglage de puissance par le potentiomètre 500.000. Contrôle automatique de sensibilité (antifading) sur les lampes KK 2 et KF 3 commandé par la diode KB 2.

triode-hexode (6E8-6K8-ECH42-ECH3) qui remplit à elle seule les deux fonctions de mélangeuse et d'oscillatrice (revoir pour la théorie les paragraphes 270 et 272).

Nous pouvons avoir aussi une lampe oscillatrice séparée qui injecte l'oscillation locale grâce à une des grilles de la mélangeuse qui est pour cela reliée à la grille oscillatrice. C'est ce qui est réalisé dans le récepteur de la fig. 293 où l'heptode 6A8 reçoit à sa première

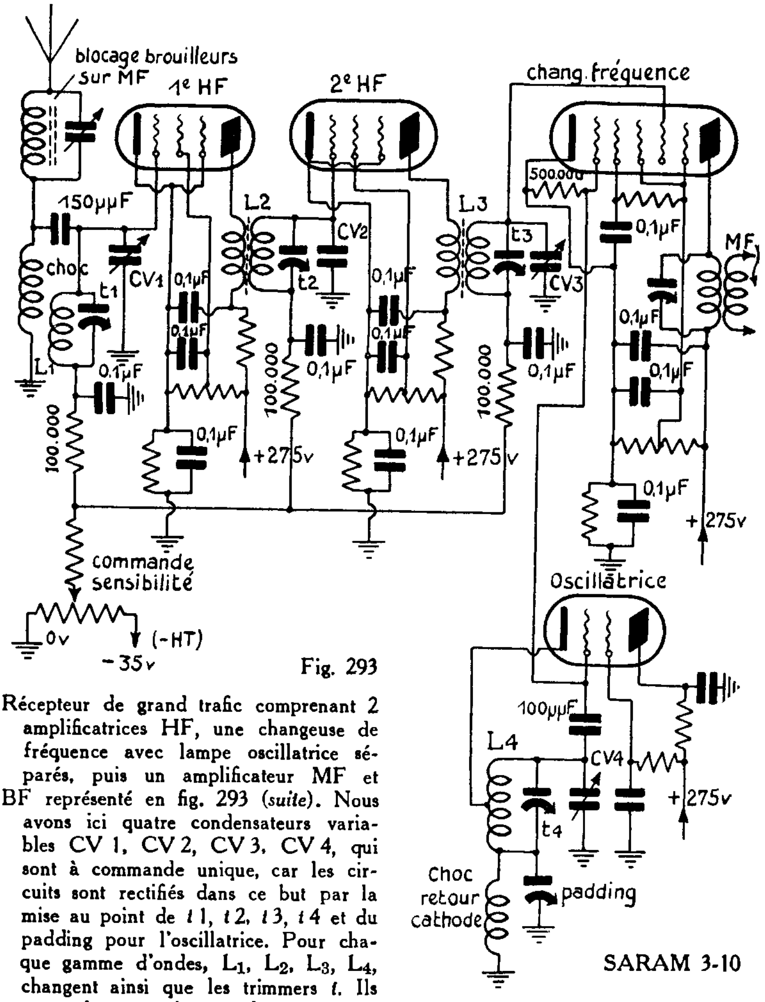


Fig. 293

Récepteur de grand trafic comprenant 2 amplificatrices HF, une changeuse de fréquence avec lampe oscillatrice séparés, puis un amplificateur MF et BF représenté en fig. 293 (*suite*). Nous avons ici quatre condensateurs variables CV 1, CV 2, CV 3, CV 4, qui sont à commande unique, car les circuits sont rectifiés dans ce but par la mise au point de *t* 1, *t* 2, *t* 3, *t* 4 et du padding pour l'oscillatrice. Pour chaque gamme d'ondes, L_1, L_2, L_3, L_4, changent ainsi que les trimmers *t*. Ils sont mis en service par le commutateur de gammes d'ondes. Exemple de gammes : 6 gammes se partagent les ondes de 20 à 2.100 mètres.

SARAM 3-10

grille l'oscillation créée par la lampe oscillatrice ici penthode 6K7 montée en lampe écran, car sa 3e grille est reliée à l'écran. Ce pourrait être aussi une triode (6J5 par exemple). L'oscillatrice est montée en ECO (montage vu en fig. 248).

Dans le récepteur de la fig. 293 *bis* nous avons de même une

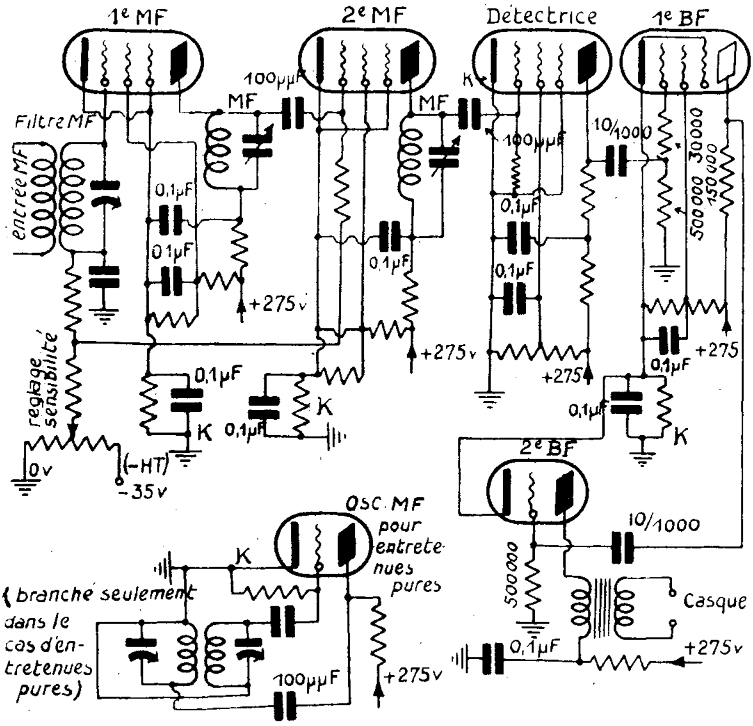


Fig. 293 (*suite*)

Suite du récepteur de grand trafic : deux étages moyenne fréquence accordés sur 450 à 700 Kc, selon le montage; certains montages utilisent une moyenne fréquence différente selon la gamme d'ondes en service, mais l'accord des MF est automatiquement changé par le commutateur de gammes à l'aide de condensateurs supplémentaires; après les deux MF, détectrice grille, puis deux étages amplificateurs BF de tension, le dernier attaquant le casque d'écoute. Un dispositif modulateur local peut être adjoint pour que le récepteur puisse faire entendre les ondes entretenues pures : c'est le rôle de la lampe triode OSC-MF qui peut être mise hors service en débranchant son + HT. Dans le montage ci-dessus, les cathodes sont fixées à + 3 volts par rapport à la masse grâce aux résistances. Elles peuvent aussi faire retour à un point K polarisé par rapport à la masse de quelques volts par une résistance commune à tous les circuits K.

octode EK2 qui reçoit à sa première grille l'oscillation créée par la penthode EF6 montée en triode (grille écran reliée à la plaque).

Le circuit HF de la changeuse en fréquence est accordé sur la même longueur d'onde que ceux des étages amplificateurs HF (la longueur d'onde de l'émetteur). Il peut donc être accordé par une même manœuvre (avec mise au point par l'ajustable *t3*, fig. 293). Le circuit oscillateur est aussi accordé par un condensateur variable monté sur le même axe grâce à la rectification de sa variation faite par la mise au point de *t4* et du « *padding* », ajustable monté en série avec le bobinage.

Le signal moyenne fréquence obtenu (fréquence de 500 kc. sur la plupart des récepteurs) est disponible dans le circuit plaque de la changeuse de fréquence.

3° *Amplification moyenne fréquence.* — Elle se fait selon le principe étudié en théorie paragr. 271. Une lampe MF généralement penthode (KF3 schéma fig. 292 - EF5 schéma fig 293 *bis* ou encore 6K7, 6M7 ou EF9) équipe cet étage. Mais il peut y avoir deux étages d'amplification MF (les deux EF5 du schéma fig. 293 *bis*, les deux 6K7 du montage fig. 293).

La valeur moyenne fréquence peut être comprise entre 450 kc. et 750 kc. selon les constructeurs. Certains changent la valeur MF selon les gammes d'ondes à recevoir. Ainsi, certains constructeurs, par une commutation d'ajustables complémentaires, accordent les MF sur 625 kc. pour les ondes de 20 à 400 mètres, alors qu'elles sont accordées sur 754 kc. pour les ondes de 400 à 3.000 mètres.

Transformateurs moyenne fréquence : Ce sont des filtres à primaire et secondaire accordés sur la valeur MF comme dans les montages fig. 292, 294. Les enroulements sont faits le plus souvent sur noyaux magnétiques en poudre de fer agglomérée, pour un meilleur coefficient de surtension. Les ajustables d'accord sont de faible valeur, ils sont au besoin complétés par des condensateurs fixes au mica montés en parallèle; ils peuvent être à air (faibles pertes). Ils sont réglés par le constructeur au départ de l'usine.

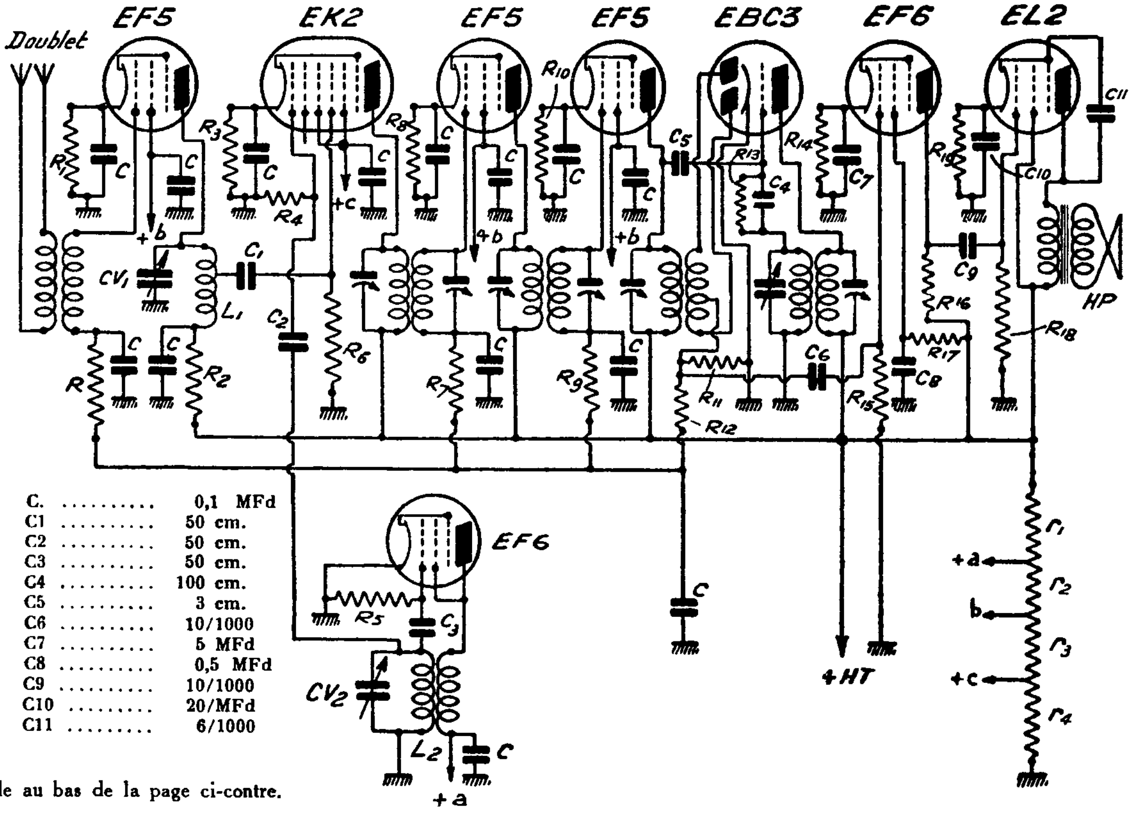
Un système de sélectivité variable peut être monté. La bande passante normale est de 5 kc. de part et d'autre de la fréquence du signal désiré. Cela laisse passer toute la modulation musicale des émetteurs de radiodiffusion. Mais en trafic, on peut pour l'écoute de la phonie limiter la bande passante à 3 kc. en plus et en moins de la fréquence d'accord. Pour l'écoute du morse (graphie), 3 kc. de largeur totale sont encore suffisants. Pour cela, il suffit de diminuer le couplage des transformateurs MF.

Cela permet une séparation nette de deux émissions très voisines en fréquence et dont la réception commune donnerait un brouillage si le bande passante était large de 10 kc. Une commutation, en mettant hors

Valeurs des éléments :

R1	500 ohms
R2	5.000 —
R3	250 —
R4	50.000 —
R5	50.000 —
R6	500.000 —
R7	500.000 —
R8	1.000 —
R9	500.000 —
R10	1.000 ohms
R11	500.000 —
R12	500.000 —
R13	50.000 —
R14	5.000 —
R15	500.000 —
R16	300.000 —
R17	1.000.000 —
R18	300.000 —
R19	450 —

r1 r2 r3 r4 : résistance 50.000 ohms 4 watts à colliers.



C.	0,1 MFd
C1	50 cm.
C2	50 cm.
C3	50 cm.
C4	100 cm.
C5	3 cm.
C6	10/1000
C7	5 MFd
C8	0,5 MFd
C9	10/1000
C10	20/MFd
C11	6/1000

Fig. 293 *bis.* — Voir la légende au bas de la page ci-contre.

service un enroulement de couplage supplémentaire dans chaque transfo MF, peut ainsi obtenir cette *sélectivité variable*. Nous retrouverons ce dispositif dans des récepteurs très récents (voir notamment ci-après le RU-95 SFR).

4° *Détection et s'il y a lieu commande d'antifading.* — Si la détectrice est une *diode* (montages fig. 292-293 *bis*) cela permet aussi, si on le désire, d'obtenir une tension négative proportionnelle à la force du signal reçu. Cette tension appliquée aux grilles HF et MF règle automatiquement la sensibilité des lampes à pente variable, pour obtenir une amplification plus grande lorsque le signal faiblit (revoir paragraphe 310). Ce dispositif permet donc une réception stable de puissance constante des émetteurs lointains dont la propagation est sujette aux évanouissements (surtout en ondes courtes). Nous voyons au contraire dans le montage fig. 293 *une détection grille* (paragraphe 257 théorie radio) qui offre l'avantage d'une grande sensibilité, mais ne donne pas de tension pour antifading.

5° *Amplification basse fréquence.* — Un ou deux étages à résistances-capacité (paragr. 254 et 255) suffisent pour attaquer le casque. Pour obtenir la puissance nécessaire pour un haut-parleur (paragraphe 256), un étage final de puissance à lampe de grande consommation plaque peut compléter le récepteur, comme celui de la figure 293 *bis*.

312-2. — Récepteur de trafic toutes ondes SFR RU-95. — Cet appareil de trafic est adopté désormais aussi bien dans l'arme des Transmissions que dans l'armée de l'Air, la Marine, les administrations civiles, pour les liaisons à grande distance. C'est l'un des plus remarquables par sa simplicité et sa sécurité de fonctionnement. Il dérive du RU-93 qui l'a précédé.

Tous les tubes du RU-95 sont aux culots *à broches* « octaux ».

La fig. 294 *bis* en donne le schéma complet, la fig. 294 le représente, avec toutes ses commandes, ceci pour familiariser notre futur radio avec les appareils. La légende énumère l'essentiel des organes de réglages extérieurs.

Légende de la figure 293 *bis*. — Récepteur 8 lampes de trafic sur ondes courtes à alimentation par secteur (fig. 328) ou par convertisseur. Lampes chauffées sous 6 volts par transfo sur le secteur ou par batteries auto. Accord par CV 1 sur le circuit plaque HF et par CV 2 (indépendant) sur l'oscillatrice. Gammes OC à volonté par bobinage accord et osc. interchangeables ou commutés. Le circuit entrée antenne est un transfo HF apériodique dont le secondaire non accordé est une self de choc (100 spires sur 30 mm) qui attaque la grille EF 5. EF 5 : amplif. HF. EK 2 : modulatrice de changement de fréquence avec EF 6 oscillatrice. EF 5, EF 5 : deux étages MF; EBC 3 : diode détectrice et commande antifading. Triode : oscillatrice MF pour réception des entretenues pures par battement; peut être mise hors de service en mettant sa grille à la masse. EF 6 : amplif. BF : le casque peut être branché aux bornes de R 18. EL 2 : amplif. BF de puissance 4 watts modulés attaquant le haut-parleur.

Il est équipé pour recevoir toutes les ondes de 10 mètres à 6.000 mètres de longueur d'onde, sans trou, en neuf gammes :

Gamme 1 : 10 à 18,5 mètres		Gamme 5 : 170 à 360 mètres	
— 2 : 18,5 à 37 —		— 6 : 360 à 750 —	
— 3 : 37 à 77 —		— 7 : 750 à 1.500 —	
— 4 : 77 à 170 —		— 8 : 1.500 à 3.000 —	

Gamme 9 : 3.000 à 6.000 mètres

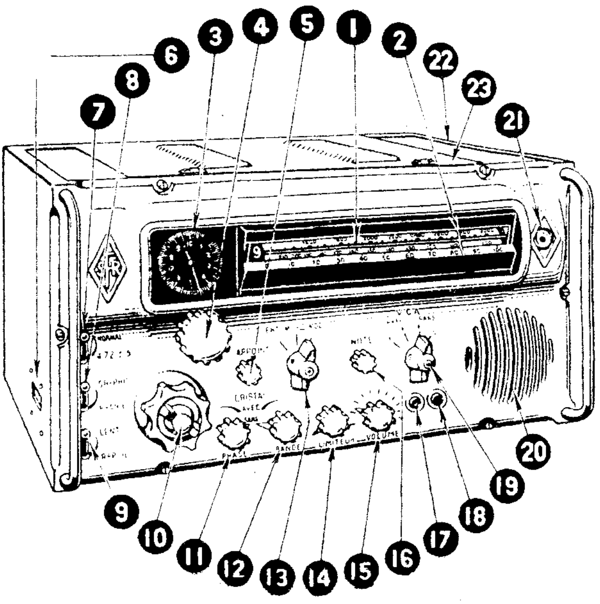


Fig. 294.

Vue extérieure du récepteur SFR RU-95 (57×30×30 *cm.*) *alimentation comprise.*

(1) *Tambour de repérage des fréquences sur lequel sont seules visibles les graduations, en mètres et en kilocycles, de la gamme d'ondes en service.*

(2) *Index de repérage des fréquences.*

(3) *Cadran de repérage à aiguille trotteuse à* 100 *divisions, dont chacune correspond à* 1/1.000^e *de l'étendue de la gamme.*

(4) *Commande unique d'accord.*

(5) *Commande du condensateur d'APPOINT sur le circuit d'antenne.*

(6) *Prises d'antenne et de terre : GA, pour grande antenne; PA, pour petite antenne; AS, pour antenne symétrique; T, pour la prise de terre.*

(7) *Inverseur de mise hors circuit de l'oscillatrice du chang. de fréquence à deux positions « NORMAL » et « 472 ± 5 ».*

(8) *Inverseur à 2 positions : « GRAPHIE » - « PHONIE ».*

(9) *Inverseur à 2 positions : « LENT » et « RAPIDE ».*

(10) ***Commutateur de gammes à 10 positions calées, faisant apparaître à gauche du tambour de repérage le numéro de la gamme en service, et comportant une clé centrale de commande et un bouton de grand diamètre destiné au blocage de la clé.***

(11) *Commande du condensateur de « PHASE » du filtre à quartz.*
(12) *Commande du condensateur de « BANDE » du filtre à quartz.*
(13) *Commutateur 3 positions : « ENTretenues » - « MUSICales » - « MODulées ».*
(14) *Commande du LIMITEUR de parasites.*
(15) *Commande de mise en marche et de contrôle de VOLUME du son.*
(16) *Commande de la hauteur du son (NOTE) pour la réception des ondes entretenues.*
(17) et (18) *Jacks de sortie pour le casque d'écoute de contrôle, le HP ext., la ligne téléph.*
(19) *Commutateur de sélectivité et d'antifading (VCA) à 4 positions :*

AVEC contrôle automatique :	« *L* » (*bande large :* 10 *kc/s*	*à* 6 *db*)
	« *E* » (*bande étroite :* 4 *kc/s*	—)
SANS contrôle automatique :	« *L* » (*bande large :* 10 *kc/s*	—)
	« *E* » (*bande étroite :* 4 *kc/s*	—)

(20) *Haut-parleur.*
(21) *Indicateur visuel d'accord (Trèfle cathodique).*
(22) *Fiche d'alimentation.*
(23) *Fiche pour enregistreur de morse.*

Réception, soit en haut-parleur incorporé, soit sur ligne téléphonique d'un réseau terrestre, ou sur casque. Dans le cas de transmission sur ligne téléphonique une autre prise assure le branchement d'un casque pour contrôle de l'écoute.

On peut écouter aussi sur haut-parleur extérieur.

L'alimentation complète est prévue sur secteur alternatif 100 à 200 volts, y compris les tensions de polarisation négative : — 2 volts et — 40 volts, qui sont obtenues par les résistances de 400 + 25 ohms placées entre — HT et masse, en application du principe étudié fig. 291. Mais on peut aussi alimenter l'appareil entièrement sur batteries : 6 volts (consommation 3,5 ampères) et 320 volts (consommation 90 mA) à brancher par un cordon à 4 prises, celui-ci se raccordant au récepteur par une fiche à 8 broches dont les contacts correspondent aux chiffres 1 à 8 de la barrette, en bas et à gauche du schéma fig. 294 *bis*.

La haute tension peut être coupée sans interrompre le chauffage des tubes pour mettre le récepteur en attente pour transmissions en duplex.

L'appareil comporte les étages dont nous avons indiqué les fonctions sur notre schéma. Nous attirons l'attention sur : 2 étages moyenne fréquence sur 472 kilocycles, un « œil » cathodique (théorie donnée au paragr. 290 pour le contrôle visuel d'émission), qui indique lorsque l'accord est exact par le rétrécissement de la zone d'ombre sur son écran, et surtout sur les dispositifs suivants :

— une oscillatrice MF sur 472 Kc + quelques centaines de périodes, utilisant la partie triode de la lampe ECH33 ou 6E8 1re moyenne fréquence, et qui est mise en service par le contacteur « entretenues-musicales-modulées » lorsqu'il est sur la position « music » (la haute tension lui est alors donnée par la connexion HT2). Cela est à faire pour l'écoute des stations sur *ondes entretenues pures peu stables*;

— une oscillatrice MF sur 472 Kc + quelques centaines de périodes, réglable par un petit condensateur variable marqué « note » sur le schéma et sur l'appareil, qui règle la hauteur du son obtenu; cette oscillatrice MF est la partie triode d'un tube ECH 33 ou 6 E 8 mis en service sur « entretenues »; elle attaque la partie hexode du même tube, celle-ci recevant la tension MF à la sortie de l'amplificateur moyenne fréquence par le transfo MF3 et le condensateur de 50 pF relié aussi à la diode d'antifading. C'est le battement entre le signal MF et le signal de l'oscillatrice triode, qui est amplifié par l'hexode; elle le transmet à la partie basse fréquence (penthode) de la EBF 32 ou 6 H 8. Ceci ne fonctionne que sur la position « entretenues » du commutateur, et il est remarquable que la diode de détection du tube EBF 32 (celle reliée directement à MF 3) ne sert à rien sur cette position. Il y a détection (BF) par battement de deux signaux HF

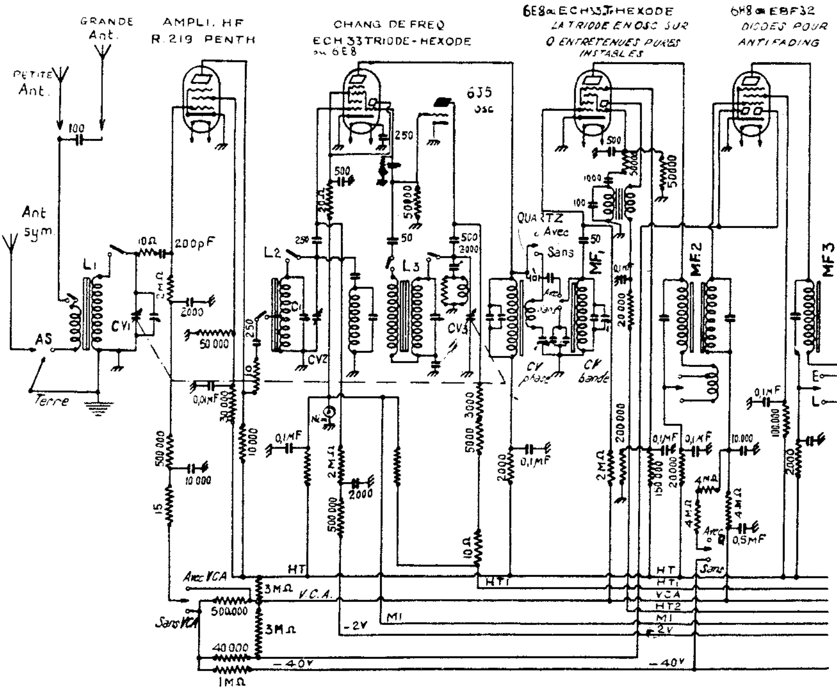


Fig. 294 *bis*

Schéma complet avec valeurs du récepteur S.F.R. RU-95.

dans la ECH 33. Ceci doit être employé pour l'écoute des stations sur *ondes entretenues paraissant stables*;

— un contacteur marqué « normal » et « 472 ± 5 » permet de couper la haute tension (transmise par la connexion HT1) à la lampe triode de l'ECH 33 oscillatrice locale pour le changement de fréquence. Sur la 2^e^ position il n'y a donc plus de changement de fréquence, et le récepteur se comporte alors *comme un poste à amplification directe*. On effectue cette manœuvre pour recevoir les stations de 628 à 642 mètres de longueur d'onde. Les circuits d'accord L_1 et L_2 (différents selon la gamme en service) sont à accorder sur la longueur d'onde correspondante; c'est donc la gamme 7 que l'on met en service pour ce cas. Le première lampe ECH 33 fonctionne alors comme une amplificatrice ordinaire;

— un contacteur à 4 positions :

AVEC — L — (avec système antifading — bande passante large);
AVEC — E — — — — — étroite);
SANS — L — (sans système antifading — bande passante large);
SANS — E — — — étroite).

agit donc sur l'antifading en coupant la liaison par résistances entre la diode correspondante de la EBF 32 et la base des circuits grille des lampes commandées: R 219 HF, ECH 33 CF, EBF 32 deuxième MF. Ces lampes ont alors leur retour grille branché sur le — 40 volts (mais le potentiomètre de puissance permet de réduire cette polarisation).

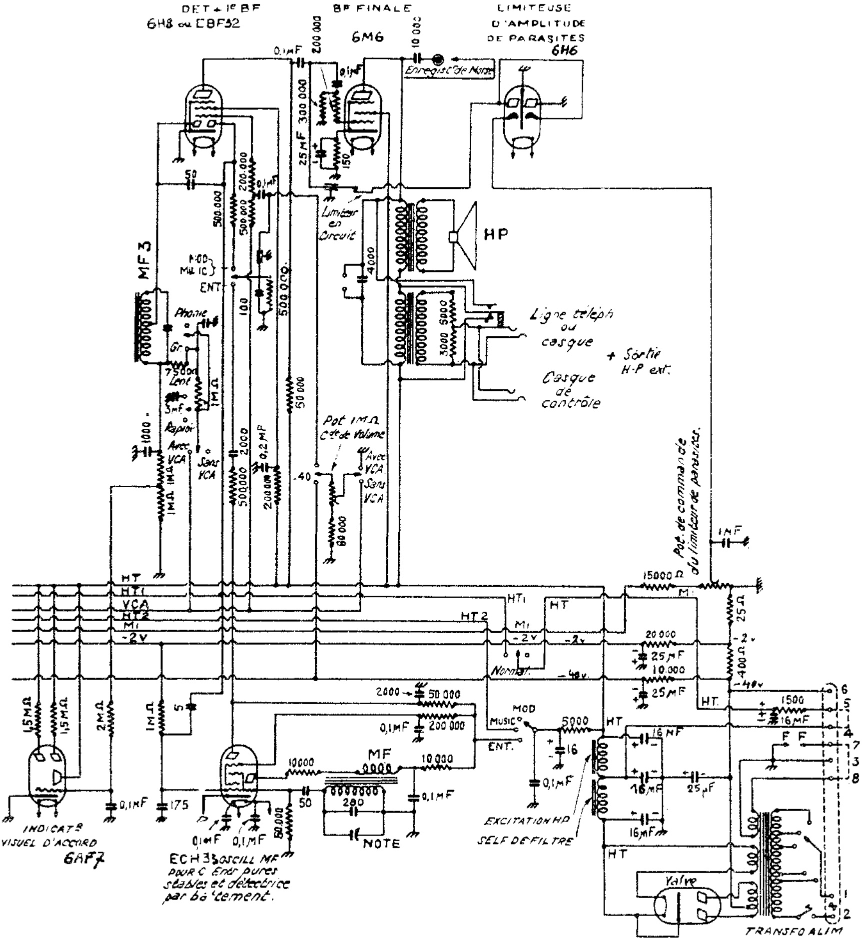


Fig. 294 *bis* (suite).

Récepteurs RU-95 et RU-93, fin du schéma.

Le contacteur effectue en même temps le branchement ou le débranchement d'un enroulement supplémentaire de couplage dans les filtres MF.

En position étroite, la bande passante est de 4 Kc (mesure faite pour affaibl. de 6 db) et en position large, la bande passante est de 10 Kc.

Mais en plus, un quartz peut être mis en service dans le filtre MFI, par rotation du bouton « phase » (une étude particulière est faite à ce sujet paragr. 314). La bande passante est ensuite réduite par le réglage du condensateur variable marqué « bande »; elle peut être réduite à 1,2 kilocycle ou même 0,1 Kc, seu-

lement, selon que l'antifading est hors service ou en service. On utilisera ainsi le contacteur 4 positions :

1° *sans* antifading et bande *large*, pour la recherche des stations lointaines;

2° si la station est stable, mais gênée par des brouilleurs, mettre en bande étroite, et si le brouillage est encore intense mettre le quartz en service par le bouton « phase », éliminer en agissant par le bouton « bande ». Retoucher l'accord du récepteur. Si le brouillage persiste encore, on peut dérégler le bouton « phase » soit à droite, soit à gauche du point Q, selon que le brouilleur est inférieur ou supérieur en fréquence. On affaiblit ainsi le brouilleur;

3° si la station est affectée de fading, mettre en position « avec », et bande large ou étroite, selon qu'il y a brouillage ou non. Dans le cas de brouillage persistant, opérer ensuite comme en 2° ci-dessus;

4° en téléphonie, on choisit la position « avec » ou « sans », selon qu'il y a ou non du fading on choisit la position large ou étroite selon le brouillage. Mais les boutons phase et bande n'ont pas à être employés pour ne pas atrophier les fréquences de la modulation (voix ou musique transmise).

Un contacteur « phonie-graphie » permet sur la position *graphie* de court-circuiter une résistance de 1 MΩ du circuit d'antifading de la diode de la EBF 32. Ainsi la constante temps est plus faible pour la radiotélégraphie (retard moins grand pour l'action de l'antifading).

— un contacteur « lent-rapide » permet encore de doser la constante de temps de l'antifading par la mise en circuit d'un condensateur de 3 μF. *En phonie*, ce contacteur doit être sur *rapide*. *En graphie*, si les signaux dépassent 125 signes-minute (1.200 mots-heure), il doit être sur « *rapide* »; on le place sur *lent* dans le cas contraire;

— *un limiteur de parasites*, à seuil réglable par un potentiomètre de 10.000 Ω est prévu. Nous parlerons de ce genre de dispositif au paragr. 314;

— la commande de volume agit en portant de — 40 volts à 0 volt (masse) la ligne antifading, donc les grilles des lampes HF et MF, ou directement leurs circuits grilles lorsque l'on est par ailleurs en position « sans antifading »;

— l'antenne simple, d'une dizaine de mètres, ou un doublet (antenne symétrique) peuvent être utilisés. Le réglage « appoint » permet de l'adapter au circuit d'entrée, c'est un ajustable en parallèle sur CV1;

— bien entendu, CV1, CV2 et CV3 sont à commande unique;

— les paddings et trimmers des gammes ondes courtes limitent volontairement la variation de fréquence, donc l'étendue de ces gammes.

Le récepteur RU-95 est « tropicalisé » pour tous climats.

312-3. — Récepteur ondes métriques (O.T.C.) SADIR R.87. — Nous rappelons nos descriptions d'émetteurs ondes très courtes (paragr. 289 et suivants) et l'importance prise par ces transmissions, entre avions de chasse (portée 100 km), entre avions à installations plus puissantes (portée de 1.000 km), entre avions et sol (portée jusqu'à 1.000 km selon l'altitude).

Les R 87 SADIR sont des récepteurs remarquables sur ces fréquences. Nous ne parlons dans ce paragraphe que des types pour modulation en amplitude, la réception de la modulation en fréquence demandera une étude particulière, au paragr. 315 et suivants.

Il existe plusieurs types R 87 (C, D, E ou F) *chacun prévu pour une gamme d'ondes différentes :*

type C : 4,5 à 8 mètres -- type E : 2,5 à 4,5 mètres
type D : 8 à 12 mètres -- type F : 5 à 8,35 mètres

Chaque type diffère seulement par les bobinages et capacités ajustables des circuits accordés.

Il n'y a donc aucune commutation de bobinages dans ces récepteurs, ce qui présente de gros avantages au point de vue pertes, à ces très hautes fréquences.

Le schéma est semblable pour ces quatre types, à part quelques modifications de

valeurs (voir schéma : par exemple 50 ou 100 pF pour un condensateur de liaison HF, etc., selon la gamme d'ondes assurée par l'appareil).

Il existe un autre R87, le « HS », remarquable : il assure la réception des ondes de 1 m. 60 à 3 mètres! et sans recourir au double changement de fréquence des récents récepteurs américains sur ces ultra-hautes fréquences.

Nous parlerons à part du R87 HS, car pour lui il y a une différence dans le schéma : la partie oscillatrice du changement de fréquence, et les types de lampes MF (paragr. 312-4).

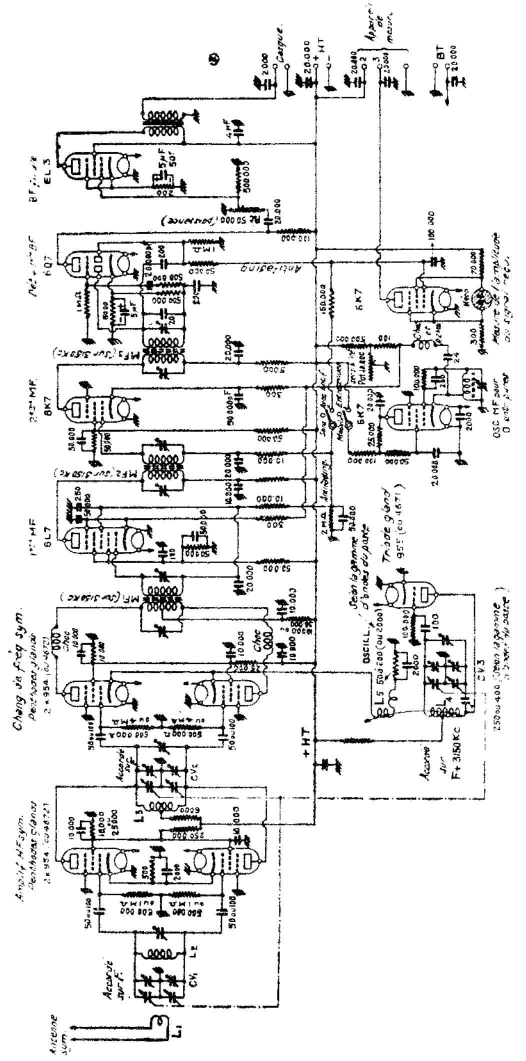


Fig. 295

Schéma du récepteur O.T.C. Sadir R 87 C, D, E ou F, pour modulation d'amplitude Les différentes fonctions et les valeurs des organes y sont portées. Au point de vue de réalisation, il y a lieu de noter l'exécution des bobinages L1 L2, L3, etc..., en fil de cuivre doré de forte section, à cause des fréquences très élevées des ondes très courtes. Gamme d'ondes couverte : 4 m. 50 à 8 mètres (type c).

La nouvelle fig. 295 donne le schéma complet d'un R87 (C, D, E ou F), sauf l'alimentation qui est établie dans un bloc séparé et qui donne à partir du sec-

teur alternatif : 6,3 volts 3,5 ampères pour le chauffage des filaments (BT) et 260 volts 80 milliampères pour la haute tension. Un accu de voiture 6 volts, et un vibreur, ou un convertisseur HT, ou une batterie HT, peuvent donc remplacer le bloc alimentation secteur.

L'*antenne* est du type symétrique O.T.C. (voir paragr. 286 *bis* : celle du 2.314 à super-réaction). Les étages à haute fréquence, donc accordés sur ondes très courtes (fréquence jusqu'à 120.000 Kc, 2 m. 50, pour le type E) réussissent à donner un gain important et à être stables grâce aux solutions suivantes :

1° emploi de *lampes-glands* de dimensions très réduites (revoir paragr. 266 *bis*) ;

2° montage en symétrique (revoir les avantages dans les chapitres des émetteurs) ;

Les circuits des 2 lampes 954 HF sont donc en push-pull et exactement symétriques. Il en est de même pour les 2 autres 954 changeuses de fréquence. L'injection de l'oscillation locale permettant d'obtenir dans les plaques le signal MF est faite dans le circuit de cathodes des deux 954 : un enroulement L_5 est traversé par le courant des 2 lampes, et reçoit une tension à une fréquence F + 3.150 Kc (F étant la fréquence du signal capté par l'antenne), parce qu'il est couplé à L_4 bobinage d'une lampe oscillatrice.

Celle-ci, une triode-gland 955 (ou 4671) est montée en « hartley » (revoir fig. 216 à la 31e leçon). Les condensateurs variables d'accord, sur F : CV1 et CV2, et d'oscillatrice, sur F + 3.150 Kc : CV3) sont commandés par un axe unique; des capacités en parallèle et en série assurant la variation de fréquence convenable.

Les écrans des lampes ont leurs tensions fixées par des ponts de résistances, avec découplage par condensateur de 10.000 pF, ce qui suffit à ces fréquences. Les cathodes sont polarisées par résistances avec condensateurs de découplage.

Deux étages amplificateurs moyenne fréquence. — Le premier à tube heptode 6L7 possède une 3e grille reliée simplement à la ligne antifading pour renforcer l'effet de pente variable de la première grille qui a la base de son circuit reliée aussi à la tension antifading. La deuxième MF est une penthode 6K7 à pente variable aussi. L'antifading n'agit pas sur les tubes 954 HF et CF, car ils sont à pente fixe. La moyenne fréquence est accordée sur 3.150 Kc. Une lampe 6K7 est montée en oscillatrice MF + 1 Kc (3151) et est mise en service par le contacteur sur la position « entretenues » pour faire entendre par battement les signaux non modulés (ondes pures). L'autre lampe 6K7 amplifie la tension continue de la ligne antifading : un milliampèremètre placé dans son circuit plaque entre les bornes 2 et 3 indique les diminutions de courant dues aux volts négatifs appliqués à la grille. Ceux-ci (ligne antifading) dépendent de l'amplitude du signal détecté, donc de la valeur du champ créé par ce signal dans la zone de réception. C'est donc une évaluation du champ de la station captée que permet la déviation du milli.

La *détection* par une diode, l'*antifading* par l'autre, et *les étages BF*, sont classiques.

Signalons un tube au néon entre écran et cathode de la lampe de mesure 6K7 : c'est pour stabiliser la tension d'écran, et par là rendre constantes les indications lues au milli, pour une même valeur de champ à l'entrée du poste. Le tube au néon se décharge lorsque la tension dépasse la valeur voulue, et équilibre ainsi les variations possibles.

Commande de sensibilité. — Le retour des cathodes des lampes MF : 6L7 et 6K7 se fait au — HT (masse) à travers un potentiomètre de 10.000 Ω parcouru aussi par un courant venu du + HT à travers une résistance. La chute de tension variable par la manœuvre du potentiomètre permet donc une variation de polarisation, donc de la pente de ces 2 lampes.

Contrôle de puissance. — La grille de la EL3 prend une plus ou moins grande partie du signal BF sur un potentiomètre de 500.000 ohms.

Au point de vue réalisation. — Disons que le fonctionnement parfait n'est pos-

sible que grâce à une conception particulière du montage : chaque étage est enfermé dans un bloc complètement clos formant blindage (lampe et organes). Les lampes glands sont montées contre une paroi de leur bloc, la grille à l'intérieur, la plaque de l'autre côté du blindage, vers l'étage suivant.

Les *selfs* qui comportent quelques tours sur mandrins (stéatite) sont en cuivre *doré* de 6 ou 7/10 de mm de diamètre. Tous les supports, les isolants de condensateurs, sont en stéatite (porcelaine spéciale vitrifiée, à très faibles pertes).

Le *châssis* est en alliage d'aluminium fondu, donc moulé d'une pièce, blindage parfait par ce châssis et par tôles d'acier.

Sensibilité. — Un signal de 5 microvolts seulement, à l'entrée, réussit à donner 10 volts BF à la sortie aux bornes d'un ensemble casque transfo de Z = 5.000 ohms. C'est dire la sensibilité... sur 4 à 8 mètres de longueur d'onde...

312-4. — Récepteur ondes de 1 m. 60 à 3 mètres : SADIR R 87 HS. — L'emploi judicieux des lampes-glands, le cloisonnement des étages d'amplification, le montage en symétrique des étages HF *et oscillateur*, a permis à SADIR de « descendre » à 1 m. 60 de longueur d'onde avec des circuits robustes et simples.

Le SADIR R 87 HS couvre de 1 m. 60 à 3 mètres, la gamme unique, et se présente exactement comme les autres types R 87 décrits au paragraphe précédent.

Le schéma est identique, sauf pour les circuits de l'oscillatrice et les types de lampes MF qui sont des penthodes 1851 à forte pente. Au lieu d'une seule lampe oscillatrice, triode-gland 955 montée en Hartley, il y a 2 de ces lampes, montées en symétrique (revoir l'émetteur MESNY O.C. Schéma 6 de la fig. 245).

Le couplage de l'oscillatrice aux lampes changeuses de fréquence se fait toujours par leur bobine de cathode L_5. Il suffit de prendre le schéma des oscillatrices du R 87 HS (fig. 295 *ter*) et de le mettre en place sur le schéma général des R 87 CDEF de la fig. 295, au lieu de l'oscillatrice unique 955.

La sensibilité est remarquable : un signal de 3,5 microvolts à l'entrée donne 10 volts BF à la sortie casque (si Z = 5.000 ohms).

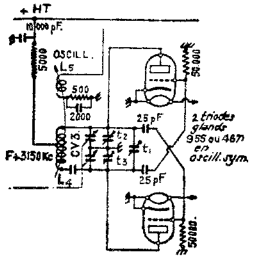


Fig. 295 *ter*

Schéma de la partie « oscillation locale » pour le changement de fréquence dans le récepteur Sadir R 87 HS pour ondes de 1 m. 50 à 3 mètres. Tout le reste du récepteur est semblable aux autres récepteurs R 87, dont le schéma est donné en figure 295. La valeur de la moyenne fréquence est semblable : 3.150 kilocycles.

Recherche des stations sur les récepteurs R 87. — Sur ces fréquences, pour faciliter la recherche (sensibilité et volume étant au maximum), il est recommandé de mettre le commutateur de l'osc. MF pour ondes entretenues pures en position « entretenues », même pour des stations modulées graphie ou phonie. Ainsi, un sifflement les signale au cours du réglage. Si elles sont modulées, on coupe le sifflement en remettant ensuite ce contacteur sur l'autre position.

312-5. — Récepteur O.T.C. ondes de 1 m, 90 à 3 mètres à quartz. — 4 fréquences de réception fixes (accord par boutons-poussoirs) sur les fréquences de l'émetteur correspondant.

La technique américaine des ondes métriques a réalisé là un appareil de conception originale, utilisé à bord des avions alliés. Là aussi nous avons des lampes-glands (types penthodes 9003 et triodes 9002), mais nous n'avons pas d'étages en symétrique.

La grande originalité réside dans l'emploi, pour le changement de fréquence,

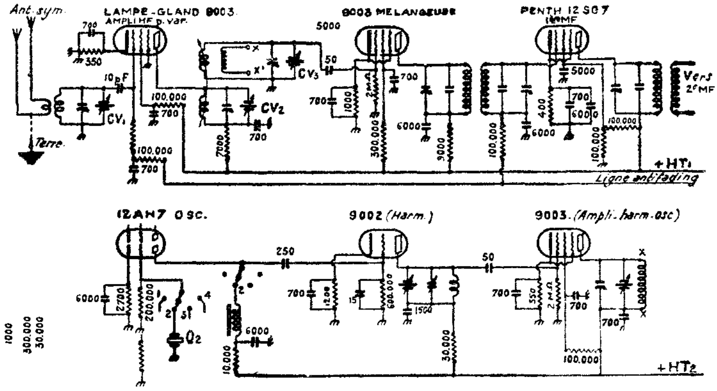


Fig. 295 *quater*

Schéma des premiers étages d'un récepteur O.T.C. pour ondes de 2 à 5 mètres, avec changement de fréquence par oscillateur local à quartz, pour réception d'émetteurs déterminés, par le jeu de simples boutons poussoirs mettant en service le quartz correspondant (BC 624 A).

d'un oscillateur à quartz (quartz sur 8.000 à 9.000 Kc). Il y a d'ailleurs entre la lampe pilotée par quartz (1 triode d'une double triode 12 AH7 sur notre schéma) et le couplage avec la changeuse de fréquence (par l'enroulement xx') deux étages amplificateurs (9002 et 9003), qui obtiennent une *multiplication de fréquence* (de 11 à 18 fois). Le circuit plaque de la lampe-gland 9002 est accordé sur l'harmonique voulu du quartz Q.

Le battement entre le signal reçu (compris entre 100.000 et 156.000 Kc (3 mètres et 1 m. 90) et l'harmonique du quartz est tel (différence des 2 fréquences) que le signal MF sera de 12.000 Kc. Les étages moyenne fréquence sont donc accordés sur cette valeur (25 mètres de longueur d'onde) (circuits MF à noyaux magnétiques...).

L'émetteur connu devant assurer la liaison est à quartz et multiplication de fréquence (F × 18). Revoyez-le au paragr. 292-4. Le récepteur emporte donc 4 quartz correspondants aux 4 quartz de l'émetteur. Ce ne sont pas les mêmes, puisque après multiplication il doit y avoir la différence de 12.000 Kc. Cela fait 4 ondes, 4 « canaux », ou 4 « chemins » de transmission. Exemple : 100, 120, 140 et 156 mégacycles, soit 3 mètres, 2 m. 50, 2 m. 15 et 1 m. 90 de longueur d'onde. Le récepteur sera automatiquement accordé, le réglage des circuits d'accord (CV1, CV2 et CV3 à commande unique) donnera la réception parfaite, l'oscillateur étant déjà parfaitement accordé (fig. 295 *quater*).

312.6. — Récepteur spéciaux ondes courtes à double changement de fréquence. — Nous savons, l'ayant étudié en théorie (paragr. 269), que *l'image de fréquence*, cause de brouillage puisque deux émetteurs distants d'une valeur égale à 2 MF peuvent être reçus à la fois, et le *blocage d'oscillatrice* qui paralyse la réception, sont deux défauts qui proviennent d'une valeur de moyenne fréquence trop faible.

Les moyennes fréquences de 400 à 500 kc. les évitent; le signal HF capté, et le signal local de l'oscillatrice sont ainsi suffisamment différents en fréquence pour les ondes de 180 à 2.000 mètres.

Mais cela est encore insuffisant en ondes courtes. EXEMPLES : Réception d'une station émettant sur 16 mètres de longueur d'onde. Sa

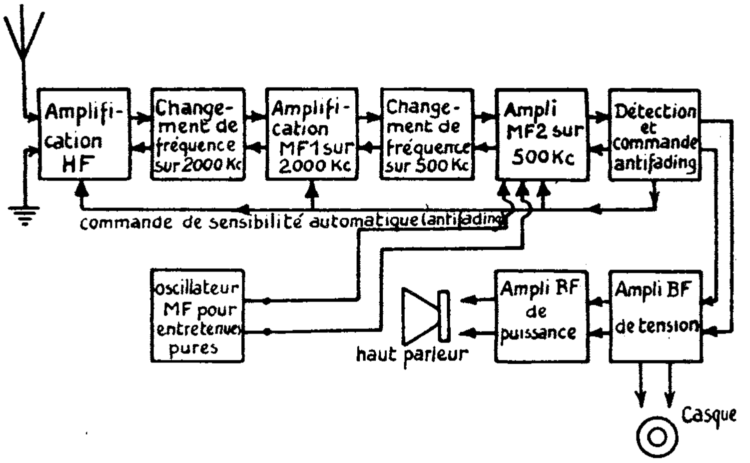


Fig. 296

Eléments d'un récepteur de grand trafic spécial *ondes courtes* à double changement de fréquence. L'étage amplificateur de puissance n'est utilisé que si l'on désire l'écouter en haut-parleur.

fréquence est : 18.750 kilocycles ($\frac{V}{\lambda} = \frac{300.000.000}{16} =$ 18 millions 750.000 périodes). Si la MF est de 500 kc., il faudra accorder l'oscillateur local sur 18.750 + 500, soit 19.250 kilocycles, ce qui est bien proche (risque de blocages). De plus. les stations de 15,2 m. de longueur d'onde (19.750 kilocycles) seront

reçues sur le même réglage si le circuit d'entrée n'est pas sélectif, car 19.750-19.250 donne aussi la valeur MF : 500 kilocycles.

On voudrait adopter en ondes courtes une valeur MF encore plus élevée : 2.000 kilocycles par exemple. Mais un amplificateur MF sur 2.000 kilocycles aurait un rendement bien moins intéressant qu'un amplif. MF sur 500 kilocycles (circuits de surtension plus faible, pertes plus élevées, etc...). C'est pourquoi on a recours au double changement de fréquence. La figure 296 donne la constitution générale d'un tel récepteur dont les différents étages sont conçus comme ceux des postes précédents.

312-6 *bis*. — Le récepteur de grand trafic à double changement de fréquence A.M.E. 7 G-1680. — Voici un appareil récepteur ondes courtes (7,5 à 170 mètres) qui applique le principe que nous avions défini ci-dessus (312-6). Il affirme une telle supériorité, grâce au double changement de fréquence et aussi grâce au soin avec lequel tous les étages ont été conçus et construits, que l'Aviation, la Marine, les stations d'émission-réception des grandes administrations, prévoient désormais cet équipement.

Les deux valeurs de moyenne fréquence sont ici 1.600 Kc/s après la première changeuse, 80 Kc/s après la deuxième. Cette deuxième valeur a été choisie pour permettre la réalisation de filtres MF à sélectivité variable très efficace, dont une position de sélectivité très pointue (bande étroite : 0,5 Kc/ et 6 Kc/s à 60 db) permettant l'élimination facile des brouilleurs.

Le premier transformateur sur 80 Kc/s (T_3) comporte même un quartz qui n'est mis en service que sur une position du commutateur de sélectivité. La bande passante est alors si étroite que 100 c/s seulement (0,1 Kc) peuvent passer avec l'amplification max, et les fréquences qui sont à $\pm$ 2 Kc/s sont atténuées de 60 db. On n'utilise cette position de sélectivité que pour recevoir de la « graphie ondes pures » et éliminer alors tout brouilleur.

Voici un commentaire bref du schéma du récepteur AME 7G-1680, nos fig. 296 *bis* et 296 *ter* étant très complètes, avec valeurs des éléments.

L'antenne peut être symétrique (doublet) et attaquer deux groupes de bornes : l'une pour aériens à descente 600 ohms, l'autre pour 90 ohms. Dans le cas d'antenne unique, l'autre borne est reliée à la terre.

Trois classes de signaux sont reçus :

A_1 : *graphie ondes pures* (dans ce cas la lampe 6E8 indiquée comme oscillatrice hétérodyne MF, est mise en service par le contacteur « interr. hétér. » de notre schéma et elle crée un battement audible (entre 0 et 2.500 p/s, selon le réglage de CV 45 pF). avec les signaux MF arrivant à la lampe diode 6H8, venus de T_4. L'accord de T_6 par CV 45 se fait donc soit sur 80 Kc/s + 0 à 2,5 Kc/s, soit sur 80 Kc/s — 0 à 2,5 Kc/s, pour obtenir le battement audible désiré.

A_2 : *graphie ondes modulées.* — La lampe 6E8 osc. hét. MF est mise hors service.

A_3 : *phonie.*

Sept sous-gammes sont mises en service par contacteur branchant l'un des sept bobinages prévus à chaque étage HF L_{11} à L_{71} - L_{12} à L_{72} - L_{13} à L_{73} et

pour l'oscillation locale devant donner la MF 1.600 Kc/s : L_{14} à L_{74}. — Voici la répartition des sous-gammes :

I :	40	à	23,2	Mc/s soit	7,5	à	12,9	mètres
II :	24,5	à	14	Mc/s soit	12,2	à	21,4	mètres
III :	14,8	à	8,5	Mc/s soit	20,3	à	35,3	mètres
IV :	9	à	5,2	Mc/s soit	33,3	à	57,7	mètres
V :	5,5	à	3,5	Mc/s soit	54,5	à	85,7	mètres
VI :	3,7	à	2,3	Mc/s soit	81	à	130	mètres
VII :	2,7	à	1,75	Mc/s soit	111	à	171	mètres

Deux étages HF accordés (tubes 6SG7) sur le signal capté l'amplifient pour le transmettre au premier changement de fréquence. La sélectivité qu'ils procurent ainsi affaiblit considérablement l'onde-image située à la valeur *f* osc. + MF donc *f* signal + 2 × MF (affaiblissement de 65 db par exemple sur 20 Mc/s 15 mètres pour un brouilleur situé à 20.000+2 × 1.600=23.200, soit 23,2 Mc/s).

Le premier changement de fréquence a un oscillateur local (6J5) accordé sur *f* + 1.600 Kc/s. Remarquez les découplages sérieux, même dans l'alimentation chauffage du filament où une self de choc HF empêche l'oscillation locale d'aller se promener vers les autres lampes.

La lampe mélangeuse reçoit le signal capté sur sa 3ᵉ grille et le signal local sur sa 1ʳᵉ grille.

Une 6SG7 amplifie le signal 1.600 Kc/s MF obtenu. Le deuxième changement de fréquence, par tube 6E8 mélangeur-oscillateur, recevant le signal sur une fréquence fixe 1.600 Kc/s peut avoir un oscillateur local réglé en permanence sur la fréquence de 1.600 + 80 (valeur MF à obtenir) Kc/s. On a donc adopté un oscillateur à quartz taillé sur 1.680 Kc/s.

Nous avons déjà parlé de la sélectivité variable agissant sur le nouvel étage MF (80 Kc/s) : les groupes de contacts à quatre positions que montre notre schéma mettent en circuit des enroulements supplémentaires. La self de ceux-ci est telle qu'elle compense exactement la diminution de self provoquée par l'induction mutuelle si bien que le réglage reste toujours constant : 80 Kc/s quelle que soit la position de sélectivité.

Bandes :	8 Kc/s à 6 db	(position dite "10)
—	2 Kc/s à 6 db	— "3")
—	0,5 Kc/s à 6 db	— "0,8")
—	0,1 Kc/s à 6 db	(avec le quartz).

La détection est assurée classiquement par les diodes 6 H 8, et la première amplification BF par la partie penthode de ce tube.

Limiteur de parasites : Ce dispositif intéressant court-circuite les signaux arrivés à la grille 6 V 6 avec une ampleur telle qu'elle dépasse le seuil de tension réglé par le potentiomètre de 500 ohms de la cathode de diode 6 H 6. Le signal est appliqué en détection symétrique sur les 2 diodes, un petit transformateur BF à prise médiane assurant l'opposition des tensions plaques diodes. Ainsi les alternances négatives du signal sont elles aussi écrétées lorsque la tension positive qu'elles représentent après inversion dépasse le seuil positif de la cathode de diode.

Antifading : Il est obtenu par la tension négative redressée par une autre lampe 6 H 6, mais le signal qui parvient à cette diode a été amplifié par une lampe 6 SG 7. Cette chaîne d'amplification distincte en vue de la création de la tension négative de V.C.A. *empêche* que, lorsqu'on fonctionne sur signal d'ondes pures A_1, l'hétérodyne MF agisse sur la tension détectée d'antifading et désensi-

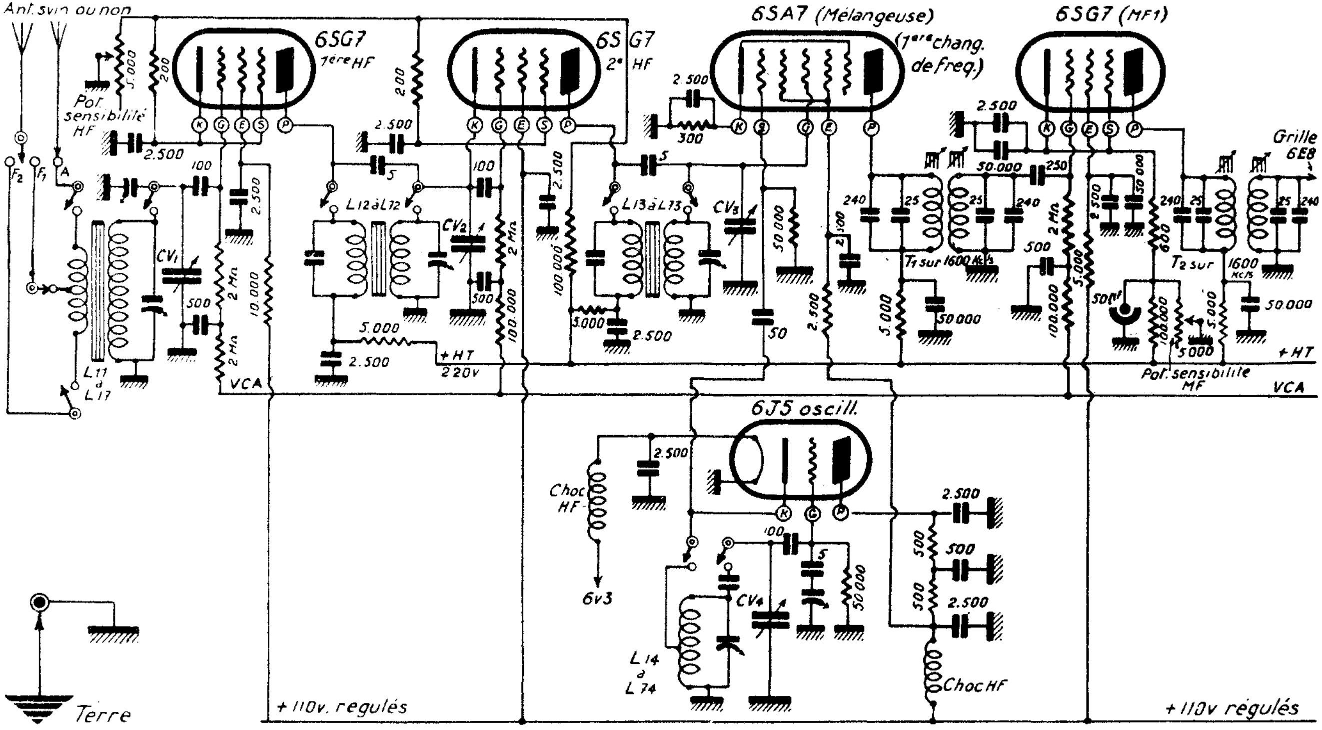


Fig. 296 *bis*

Premiers étages (jusqu'au 2e changement de fréquence non compris) du récepteur A.M.E. 7 G-1680.

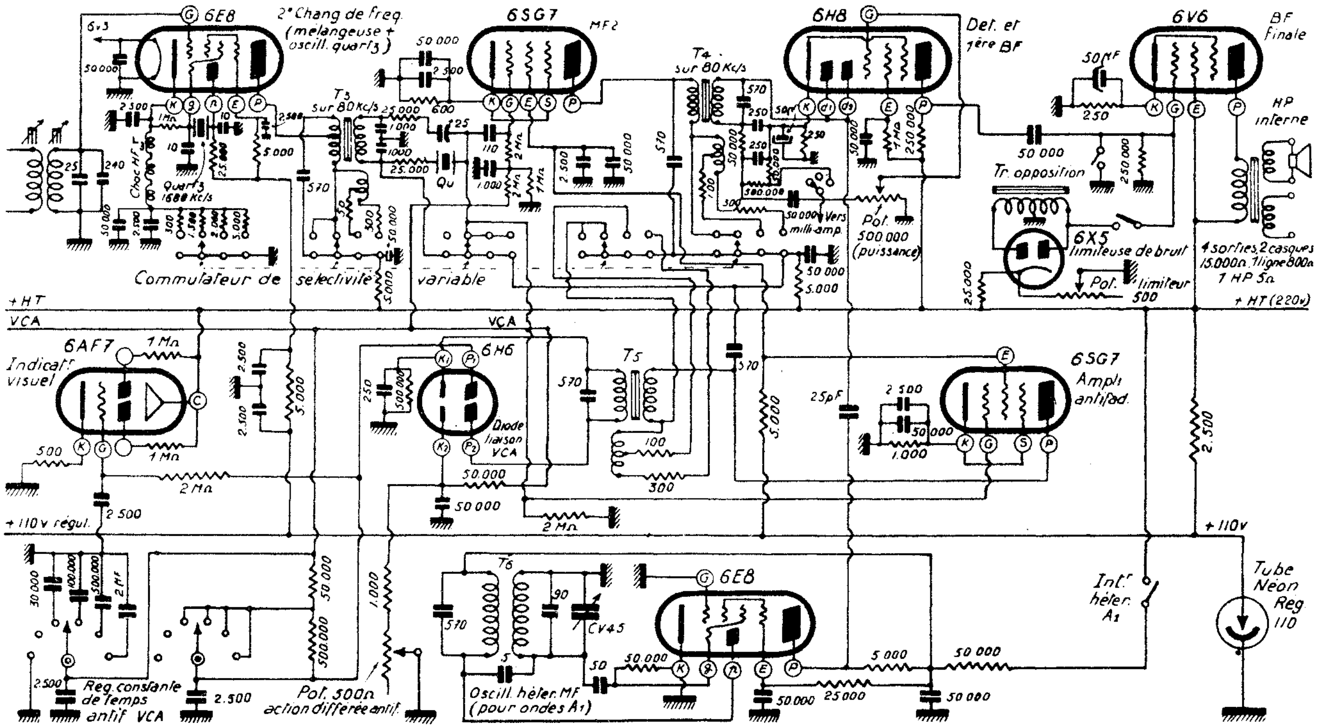


Fig. 296 ter

Suite du schéma (sauf l'alimentation) du récepteur A.M.E. 7 G. 1680.

bilise le récepteur. La figure 296 *quater* montre l'énorme efficacité du système antifading de ce récepteur : la tension de sortie BF reste constamment entre 20 et 26 volts même si les signaux reçus ont des valeurs aussi différentes que 4 et 100.000 microvolts.

La *sensibilité* est telle qu'un signal de moins de 1 microvolt, en A_1, fournit 50 milliwatts à la sortie, et le rapport

$$\frac{\text{signal utile plus le bruit de fond}}{\text{bruit de fond}}$$

est toujours supérieur à 26 db. sur toutes gammes.

La stabilité des réceptions est remarquable, car l'oscillateur local varie en fréquence de moins de 1/5000^e de sa fréquence, à 1 heure d'intervalle, et même si les tensions d'alimentation varient de ± 10 %.

Sorties : Deux sur casques de 15.000 ohms; une sur haut-parleur de 3 à 5 ohms; une sur ligne téléphonique de 800 ohms. Et un haut-parleur interne fonctionne lorsqu'on n'est pas sur casque.

Alimentation : 6 volts 5 ampères et 250 volts 110 milliampères sur batteries et convertisseur ou par simple branchement de la fiche secteur sur alternatif 110 à 240 volts 50 périodes, ces tensions sont assurées par le redresseur contenu dans

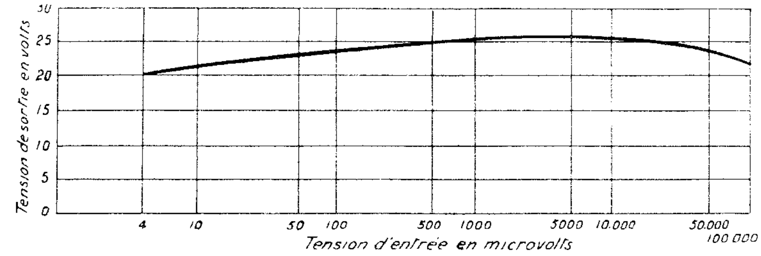


Fig. 296 *quater*

Récepteur 7 G. 1680. Antifading. Niveau de sortie en fonction de la tension d'entrée. Fréquence d'essai : 6 Mc/s.

l'appareil : un transformateur d'alimentation : deux valves 5Y3, deux cellules de filtrage avec 3 condensateurs de 8 μF 1.500 volts.

Un tube au néon régularise la tension 110 volts continus, base de l'alimentation des écrans et des oscillatrices.

Au total, récepteur de 17 tubes, pesant 65 kg., dans un coffret de 80 × 50 × 40 cm

Réglages : Cadran gradué en fréquences pour les sept sous gammes, pour la commande unique de quatre condensateurs variables. Un démultiplicateur monté sur roulements à billes permet un repérage à 1/10.000^e près de la fréquence choisie.

On peut régler : le gain HF (par polarisation des cathodes 6 SG 7 : Pot. 5.000 ohms) que l'on pousse au maximum sauf si un brouilleur puissant est voisin et surcharge les premiers étages, le gain 1re MF (par polarisation de la cathode

6 SG 7 : Pot. 5.000 ohms) et le gain BF, c'est-à-dire la puissance sonore, par le potentiomètre de 500.000 ohms, à la sortie de la détection.

312-7. — Récepteur à dispositif stabilidyne et comptage de fréquence. — Le récepteur C.S.F. RS 550 applique le principe « stabilidyne » que nous avons exposé à propos du pilote « stabilidyne » des émetteurs comme le EM 405 S.F.R. (voir paragr. 289-5).

Après amplification dès le circuit d'entrée du récepteur, le signal est appliqué à un étage changeur de fréquence dont l'oscillateur local est accordé sur 100 kc/s et fournit de nombreux harmoniques, donc sur des fréquences espacées très exactement de 100 kc/s en 100 kc/s.

Le battement qui donne avec le signal d'entrée une différence de 200 kc/s permettra l'obtention d'un signal S1 appliqué à un nouvel étage mélangeur (figure 296 *quinquiès*).

L'oscillation locale du nouveau mélangeur est un signal S2 venu d'un autre récepteur dit de « tri d'harmoniques » utilisant le même oscillateur local que le récepteur précédent, mais à battement accordé sur 1.000 kc/s.

La variation d'accord de l'oscillateur permettant le choix de l'harmonique nécessaire au battement 1 000 kc/s est commandée par cadran étalonné de 100 en 100 kc/s et muni d'un compteur (graduation de 20 à 300, ce qui correspond à une gamme de 2 000 à 30 000 kc/s, soit de 150 m à 10 m de longueur d'onde). L'oscillateur doit donc ainsi choisir, pour obtenir S_2, l'un des 279 harmoniques de sa fondamentale qui s'échelonne entre 200 et 30 000 kc/s.

S_1 et S_2 après mélange donnent un signal sur une fréquence variant entre 200 et 300 kc/s, mais l'accord de cet amplificateur est gradué de 0 à 100 kc/s et il donnera les chiffres des dizaines et des unités pour le comptage de la fréquence du signal d'entrée en kc/s et même en centaines de cycles.

L'oscillateur de base étant commun aux deux récepteurs fournissant S_1 et S_2, toute dérive n'a aucune action sur la fréquence résultante en S_3.

Le compteur permet donc de chiffrer très exactement la fréquence captée et audible après détection et amplification BF.

On utilise un ensemble récepteur RS 550 C.S.F. stabilidyne pour recevoir toute transmission phonie de 10 à 150 m de longueur d'onde et l'on peut prérégler l'appareil si l'on connaît la fréquence réelle de l'émetteur à capter; sinon l'exploration par le compteur permet de mesurer la fréquence de chaque émetteur reçu. Le même récepteur RS 550 C.S.F. possède un discriminateur de fréquence et permet donc de révéler les signaux émis en graphie à déplacement de fréquence, selon le système exposé au paragraphe 294 *bis*.

Le récepteur RS 550 C.S.F. attaque alors directement un télétype qui inscrit le message transmis en graphie.

On peut utiliser une batterie de deux RS 550 C.S.F. en « diversity », c'est-à-dire permettant de compenser les variations de propagation du signal (fading), les aériens des deux récepteurs étant distincts et opposés. Les deux récepteurs attaquent alors à leur sortie un coffret d'adaptation qui, des deux signaux de sortie sur 60 kc/s, manipulés à $\pm$ 425 cycles à l'émission, extrait deux tensions de sortie sur 2,5 kc/s, stabilisées. Un autre coffret convertisseur choisit à tout instant l'un des deux signaux, le meilleur en amplitude, venu de l'un ou l'autre récepteur; et il le redresse pour fournir les crêtes négatives correspondant aux déplacements de fréquence de la manipulation.

Ce sont ces tensions négatives intermittentes qui déclenchent les caractères du téléimprimeur (ensemble C.S.F. d'émission réception EM 405).

313. — Montages oscillateurs locaux pour la réception des ondes entretenues pures. — Les émissions sur entretenues pures ne peuvent être entendues que si le récepteur ajoute au

signal reçu une modulation BF, un son qui ne se fasse entendre que pendant les signaux HF captés, donc pendant les traits et points manipulés (réception A_1).

Nous avons étudié les récepteurs à réaction, qui, en fonctionnant *en accroche* (réaction au delà de l'accrochage), donnent un sifflement d'interférence avec l'onde HF : les entretenues pures deviennent audibles (voir paragr. 304).

Les superhétérodynes peuvent de même donner l'audition des ondes entretenues pures : pour cela une lampe oscillatrice particulière est accordée sur une fréquence très voisine de la valeur moyenne fréquence. La valeur MF étant fixée, l'oscillateur local MF en question peut aussi être accordé fixe. Cela est fait à la mise au point du récepteur.

Ainsi, sur le récepteur de la fig. 294 *bis* l'oscillation fabriquée par la lampe triode contenue dans le tube ECH33 sera réglée sur 473 kc. Or les signaux amplifiés en MF ont pour valeur 472 kc. L'interférence de l'oscillation avec les signaux reçus en MF donnera donc un battement de 473-472 : 1 kilocycle, soit 1.000 périodes/seconde. C'est là une fréquence audible qui va donc s'ajouter au signal MF. On entendra donc un son à 1.000 périodes pendant les traits et points qui découpent les signaux venus de l'émetteur et acheminés jusqu'à la MF.

Le montage de la fig. 293 *bis* comporte de même un oscillateur local MF, celui de la fig. 295 également. Nous les avons cités en décrivant les schémas. De même pour le récepteur des figures 296 *bis* et 296 *ter*, le A.M.E. 7G-1680 où la note audible est variable de 0 à 2.500 périodes/seconde.

Ces oscillateurs locaux ne sont mis en service que sur « réception entretenues pures » grâce au commutateur spécial « pures-modulées ».

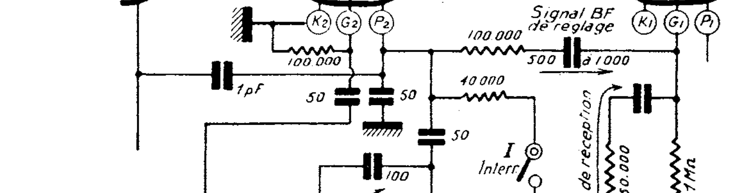


Fig. 297

Autre schéma d'oscillatrice sur la valeur MF ± un écart qui détermine le battement audible qui servira à la réception des ondes entretenues pures (signaux non modulés) et aux règlages. (*SCR 508-528-538 des chars d'assaut.*)

La nouvelle figure 297 donne un autre schéma d'oscillateur MF placé sur un récepteur à modulation de fréquence (le BC-603 des ensembles S.C.R. 508, 528, 538) des chars d'assaut. La valeur MF de ce récepteur étant de 2.650 Kc/s sur laquelle sont acordés les étages MF qui précèdent (y compris l'étage limiteur d'amplitude), le bobinage de l'oscillatrice MF est accordé sur 2.651 ou 2.649 Kc/s. Il suffit pour cela d'écouter le battement, qui formera un sifflement à 1.000 c/s (1 Kc/s = 2.651-2,650 ou 2.650-2.649). Ce battement ne se produit qu'à deux conditions :

1° *que l'oscillateur MF soit en service*, donc que l'interrupteur *I* soit fermé (bouton tune-operate à mettre sur « tune »);

2° *qu'un signal soit reçu : a)* Le signal de l'émetteur que l'on cherche à capter et qu'on peut ainsi localiser quoique son opérateur ne parle pas, et soit seulement encore un signal HF non modulé.

On met dons l'inverseur sur « tune » chaque fois que le signal est difficile à capter et on revient sur « operate » ensuite pour que l'oscillation MF ne déforme pas les sons qui seront transmis.

b) Le signal de l'émetteur associé au récepteur en question et qui sert dans ce cas à fournir des signaux de réglage pour le récepteur (l'émetteur, un BC604, a son inverseur placé sur « receiver tune ».

Pour que le signal capté vienne faire battement avec l'oscillation MF, on en prélève une petite fraction à la sortie du dernier étage MF (ou de l'étage limiteur MF sur le récepteur à modulation de fréquence).

En effet, un condensateur de très faible capacité (à peine 1 pF (= 1$\mu\mu$F) relie la plaque du dernier tube MF à la plaque du tube oscillateur MF.

314. — Etude des compléments particuliers aux récepteurs de trafic : A. Limitation de la bande passante par sélectivité variable. — B. Elimination des brouilleurs par filtre BF. — C. Elimination par filtre MF quartz. — Limiteurs de parasites. — E. Systèmes « Squelch » (réglage silencieux) pour réduction du bruit de fond.

A. — SÉLECTIVITÉ VARIABLE. — Nous avons vu au paragraphe 312, 3°, que les étages MF peuvent comporter un dispositif de sélectivité variable rendant la résonance MF très pointue par un couplage très lâche des transfos MF : ainsi la bande passante admise est très étroite; les signaux de télégraphie qui n'occupent qu'une bande de 2 à 3 kilocycles (en graphie modulée) et qui en graphie pure se limitent à la seule fréquence d'accord, peuvent être sélectionnés des émissions très voisines en fréquence menaçant de brouillage.

Le couplage entre les enroulements primaire (circuit plaque de la lampe précédente) et secondaire (circuit grille) est très lâche : les bobinages sont éloignés. On peut agrandir la bande passante, donc augmenter le couplage, soit en branchant un condensateur en tête entre plaque et grille (mais cela désaccorde le transfo MF, à moins de rectifier l'accord du primaire et du secondaire par des capacités additionnelles) soit en plaçant un enroulement supplémentaire (tertiaire) couplé avec les 2 autres, mais commuté dans le circuit plaque en série avec le primaire, par exemple seulement pour la position : bande large.

Ce dispositif est utilisé dans le RU-95 SFR (fig. 294). Mais, de plus, pour que l'amplification ne soit pas plus faible lors du couplage lâche (bande étroite), et pour que même elle soit plus forte, il faut que les lampes MF amplifient plus pour compenser la perte due au manque de couplage. On y parvient en augmentant la tension des écrans MF, par exemple, pour la position « bande étroite ».

La solution par enroulements de couplage supplémentaire a été expliquée au paragraphe 312-6 *bis* ci-dessus (pagr. 403 et fig. 296 *ter*).

B. — ELIMINATION DES BROUILLEURS PAR FILTRE BF. — Mais on peut même en basse fréquence sélectionner les signaux de télégraphie modulée.

En partant de ce principe que les sons des signaux venus de différents émetteurs sont de fréquences différentes, on peut à l'aide de filtres montés en basse fréquence affaiblir ceux que l'on ne désire pas entendre.

Le schéma fig. 295 donne ainsi un dispositif de filtrage double que l'on règle à l'oreille pour obtenir l'absorption des signaux non désirés. L_1 et L_2 sont des selfs identiques de quelques millihenrys qui seront à noyau magnétique et à faible capacité pour obtenir un accord pointu.

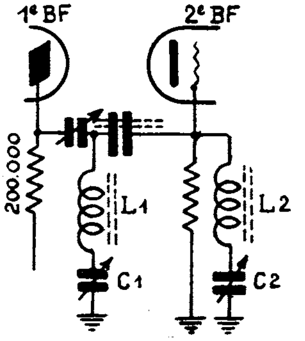


Fig. 297 *bis*

Filtre double pour absorption des sons que l'on ne désire pas entendre lorsque plusieurs signaux d'émetteurs différents de télégraphie sont reçus en même temps. L 1, C 1 et L 2, C 2 sont accordés sur la fréquence du son à supprimer par l'accord de C 1 et C 2, variables à monocommande. Ce réglage se fait à l'oreille. L'absorption affaiblit également les signaux que l'on veut garder, si les fréquences sont voisines. Le procédé est un peu en défaveur, depuis les filtres MF à quartz.

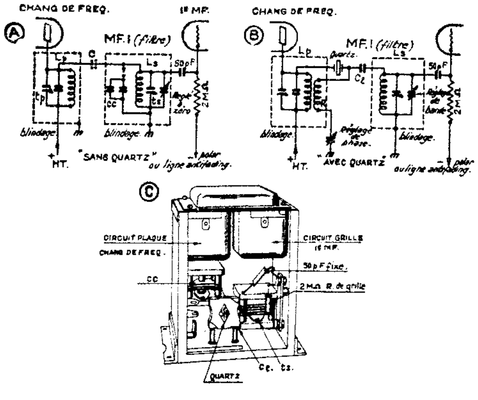
C. Elimination par filtre MF quartz. — Ce perfectionnement récent permet de réduire la bande MF à quelques centaines de périodes, au lieu de plusieurs milliers. On ne l'emploie pas (avec ce montage tout au moins) en téléphonie, mais pour les émissions graphie pures ou modulées.

Le schéma du RU-95 SFR (fig. 294 *bis*) montre un tel dispositif dont nous avons annoncé alors un commentaire.

La fig. 298 montre les circuits selon que la commutation est faite « sans quartz » ou « avec quartz ». Notons d'abord que le primaire (Lp) et le secondaire (Ls) ne sont pas ici ceux d'un transfo MF habituel (revoir paragr. 271 en théorie) : ils ne sont pas couplés par voisinage; ils sont au contraire blindés séparément, donc indépendants. Chacun d'eux est accordé par le constructeur sur 472 Kc (valeur MF) par les ajustables *tp* et *ts*, ou encore par déplacement des noyaux magnétiques de bobinages si *tp* et *ts* sont fixes. Dans ces conditions la liaison unique est le condensateur C. Celui-ci est en pointillé, car il est réalisé uniquement par les armatures du contacteur qui sert à mettre le quartz en service. L'ensemble Lp Ls, C, se conduit en fait comme un transfo MF ordinaire. Les condensateurs CC sont là uniquement pour l'accord de Ls sur 472 Kc, remplaçant les capacités nouvelles (quartz, etc.) qui seront mises en circuit sur l'autre position.

Fig. 298

Fonctionnement des moyennes fréquences à quartz pour sélectivité aiguë. A, schéma des circuits lorsque le quartz n'est pas en service; B, schéma avec le quartz en service; C, vue par devant, blindage ouvert, du filtre MF à quartz correspondant au schéma ci-dessus (récepteur S.F.R. RU-95). Les commutateurs « avec » et « sans » effectuant les branchements indiqués sur les schémas se trouvent à l'arrière de ce boîtier.



« *Avec quartz* », fig. 298 B. — *Le quartz est taillé pour résonner sur la fréquence de 472 Kc*. Les fréquences immédiatement voisines sont sans effet sur lui:

il ne les transmet pas, se conduisant envers elles comme une impédance élevée, donc une barrière. La bande passante est donc théoriquement *très étroite* : de 471.950 périodes à 472.050 périodes, par exemple, ce qui laissera passer un signal MF pur (non modulé) uniquement si sa fréquence est 472 Kc.

En pratique, cela n'est obtenu que si on annule l'effet de capacité des armatures du quartz : si en même temps qu'il transmet les vibrations 472 Kc, il transmettait les fréquences diverses comme un vulgaire condensateur, notre raisonnement serait en défaut.

Pour cela on dérive une partie de la tension à la sortie du quartz dans un enroulement R, couplé à Lp: *c'est une réaction*. Ce report d'énergie de la sortie sur l'entrée est fait de tel sens qu'il vient s'opposer aux tensions transmises par la capacité du quartz : celle-ci se trouve donc compensée. Pour que l'opposition soit exacte, le condensateur variable dit « de phase » (voir schéma) est à régler sur un repère. Cela déclenche aussi le commutateur de mise en service du quartz sur les appareils SFR.

Un effet d'étouffement peut être obtenu en plus : si, malgré la bande très étroite, il y a un brouilleur distant de quelques dizaines de périodes seulement, on règle le condensateur de phase un peu au delà du repère; la réactance reportée est alors légèrement plus élevée que celle du quartz, et cela lui donne une impédance élevée (barrière) uniquement pour les fréquences immédiatement inférieures à 472.000 périodes/sec. Au contraire, un peu en deçà du repère, l'étouffement est obtenu pour les brouilleurs de fréquence immédiatement supérieure à 472.000 périodes/sec., la réactance reportée étant alors un peu inférieure à celle du quartz. Ceci explique la manœuvre du *réglage de phase* conseillée pour le récepteur SFR RU 95 (paragr. 312-2) et autres récepteurs très récents pour ondes de 15 à 3.000 mètres.

Par ailleurs, on peut *rétrécir encore un peu la bande permise* par le quartz. Pour cela il faut *désaccorder* le circuit Ls qui cette fois n'est plus qu'une impédance, en série avec le quartz, la tension MF étant prise au point milieu de ce pont par le condensateur de 50 pF. C'est un autre petit condensateur variable qui désaccorde Ls et rétrécit ainsi la bande passante en diminuant l'impédance du circuit L_s.

Il ne faut pas oublier que sur téléphonie, le condensateur de bande doit être à zéro (Ls accordé sur 472 Kc) : pour cela, sur le SFR RU 95, il doit être entièrement tourné vers la gauche. Et de plus le quartz doit être hors service : sur le RU-95, cela est obtenu en mettant le condensateur de phase à fond vers la droite (entendre le déclic du commutateur).

REMARQUE. — On a intérêt, avec des parasites très puissants, à ne pas trop rétrécir la bande. Par ailleurs, lors de l'emploi du quartz, il est bon de retoucher l'accord du récepteur pour recentrer le signal au milieu de la bande.

D. SYSTÈMES LIMITEURS DE PARASITES. — Le parasite violent entraîne une variation brusque et importante de l'amplitude, d'où le bruit dans le haut-parleur. On peut donc le réduire en plaçant un dispositif supprimant le sommet des alternances BF trop grandes, sans exagérer pour ne pas déformer les oscillations du signal lui-même. Ce dispositif « limiteur » (appelé parfois « écréteur ») peut être placé à différents points du récepteur. Le plus simple est de le placer là où les signaux BF ont atteint la plus grande ampleur. Nous prendrons, par exemple, le RU-95 SFR, où le limiteur (double diode EB4) est placé entre grille et masse de la dernière lampe BF.

Jorsqu'il est en service (un interrupteur placé sur le potentiomètre le débranche pour la réception normale) une plaque et une cathode de la double diode (appartenant à 2 diodes différentes) sont réunies à la grille BF. Mais une tension positive est appliquée à la cathode libre, grâce au potentiomètre de réglage placé entre + et — HT (voir schéma RU-95, fig. 294 *bis*). Pour les signaux d'amplitude faible, la plaque de la diode reste moins positive que la cathode et il ne se produit rien : exemple, si la cathode est à + 6 volts, tous les signaux BF de tension max. inférieure à 6 volts, sont transmis normalement à la grille EL3 Si, au contraire, un parasite fait brusquement monter une alternance à 11 volts,

la plaque de la diode est alors positive de 5 volts par rapport à sa cathode; il y a courant plaque-cathode et court-circuit vers la masse pour cette fraction de l'alternance.

Normalement, quand on tourne le potentiomètre de commande, il y a d'abord l'enclanchement de l'interrupteur branchant le limiteur (car sans parasites violents il ne faut pas de limiteur) et dès la mise en service le curseur du potentiomètre se trouve du côté des tensions les plus positives. Seuls les parasites très violents peuvent donc surmonter le « seuil » de la cathode positive. En tournant le potentiomètre, on réduit ce seuil, et le limiteur peut donc agir pour des parasites de plus en plus faibles. On se garde d'exagérer cette protection en réduisant trop le seuil, pour ne pas aller jusqu'à tronquer les signaux BF qu'il s'agit de recevoir.

E. SYSTÈME « SQUELCH » (EN FRANÇAIS : RÉGLAGE SILENCIEUX). — Ce dispositif vise à supprimer une grande partie de l'amplification du récepteur lorsqu'il n'est pas accordé sur une station. Ainsi on évite le bruit gênant des parasites et le bruit de fond entre les réglages correspondant à des émetteurs, pendant qu'on accorde l'appareil. Ces bruits sont très fatigants pour nos radios qui écoutent surtout au casque.

Dans les montages français d'avant 1939, la lampe de silence bloquait toute réception entre les stations, en polarisant énormément le premier tube basse fréquence. L'inconvénient est que la polarisation à peu près normale était rétablie dès qu'un signal était détecté, mais elle variait avec l'amplitude de la station reçue et était souvent source de déformations, mais ce système s'adapte mieux aux récepteurs pour modulation de fréquence et nous allons en décrire un ci-après au paragr. 315 *bis*.

Dans certains systèmes anglo-saxons pour leurs récepteurs de trafic, la lampe de silence, commandée pareillement, n'agit pas de même : elle déclenche un relais *mécanique* et il n'y a aucun trouble dans l'ampli BF.

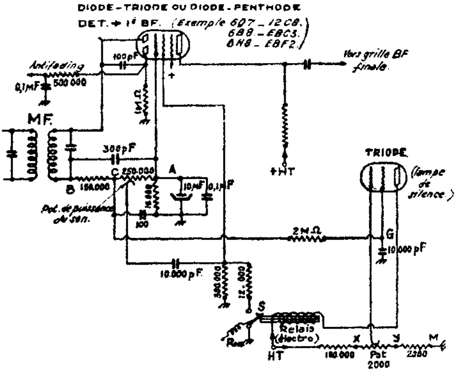


Fig. 298 *bis*

Dispositif de réglage silencieux à relais pour récepteur de trafic.

Voici le principe (fig. 298 *bis*) : entre les bornes B et A de la résistance de charge d'une détectrice diode existe une tension négative continue, lorsqu'un signal reçu est puissant (revoir explication des systèmes antifading, paragr. 310). On en prend une partie, au point C (fig. 298 *bis*). C est donc négatif par rapport à A, d'autant plus que l'onde reçue est puissante.

On applique cette tension à la grille de la lampe de silence : une R de 2 mégohms, par exemple, empêche la HF et la BF d'y aller; le condensateur de 10.000 pF dérive toute oscillation résiduelle; la grille reçoit donc une tension négative lors de l'accord sur une station.

La polarisation de base de la lampe de silence est fixée par le potentiomètre de 2.000 ohms à + 6 volts par exemple par rapport à la masse (diviseur de tension entre + et — HT, avec résistances). Le point A est à + 2 volts par la résistance de 10.000 ohms. C et aussi G, qui lui est relié, sont à + 2 volts comme A, ou à peu près lorsqu'on ne reçoit rien; et le courant plaque est, par exemple, de 5 milliampères pour la lampe de silence qui a entre grille et cathode — 4 volts (cath. : 6 volts; grille : 2 volts).

Lors de l'accord sur une station, le point C passe à — 7 volts, par exemple, par rapport à A; G est donc plus négatif de 7 volts. Au lieu de — 4, c'est — 11 volts entre grille et cathode de la triode. Le courant plaque tombe de 5 milliampères à 0,5 mA. Ce courant traversait un électro-aimant, qui n est plus capable d'attirer le contact S qui s'ouvre, rappelé par le ressort R.

Il y avait, en parallèle sur la résistance de grille du premier tube basse fréquence, une résistance 25 fois plus faible : l'amplification était réduite de 20 décibels au moins par rapport au fonctionnement normal. L'électro lâchant le contact quand une onde porteuse a créé une tension négative suffisante, l'ampli BF s'est trouvé libéré et le récepteur fonctionne à pleine amplification.

On voit que le réglage du potentiomètre de 2.000 ohms règle l'action de la lampe : si la cathode est moins positive, il faudra une onde reçue plus puissante pour faire baisser le courant plaque jusqu'à la valeur assez faible pour que l'électro lâche le contact. Si l'on recherche une station lointaine, il faut donc ramener le potentiomètre vers une tension plus positive (vers X). En X, la lampe de silence a un courant plaque déjà trop faible au repos pour attirer le contact; le récepteur a donc toute sa sensibilité et l'on peut rechercher les stations très faibles sans craindre que le réglage silencieux empêche de les trouver.

En figure 299 *ter*, au paragraphe 315 *bis*, on verra l'adaptation de ce système de réglage silencieux à un récepteur modulé en fréquence.

315. — Récepteurs pour ondes modulées en fréquence. — Nous rappelons que cette technique nouvelle a été exposée dans les paragraphes 224 *bis* et 242 de la théorie radio, et que la technologie de l'émission de ces ondes a fait l'objet, par ailleurs, du paragraphe 293, avec renvoi au paragraphe 267 de la théorie.

C'est le paragraphe 242 qui a précisé les organes essentiels des récepteurs modulés en fréquence : en plus des circuits des récepteurs ordinaires, ils doivent faire appel :

1° à un limiteur d'amplitude;

2° à un discriminateur transformant la variation de fréquence en variation de tension.

Il est possible de monter ces organes particuliers dans un bloc séparé, qui, ajouté à un récepteur de trafic O.T.C., le transforme ainsi en récepteur d'ondes modulées en fréquence. Il faut encore que le récepteur convienne non seulement à la gamme d'ondes où se trouvent les émetteurs, mais aussi que ses étages moyenne fréquence laissent passer une bande de fréquence assez large pour transmettre *toute la déviation de fréquence* de l'onde porteuse.

Les taux de déviation maximum varient entre + et — 15 Kc et + et — 75 Kc. *Le taux le plus élevé assure un plus grand rapport entre le signal à écouter et le bruit de fond*, donc la plus grande pureté d'audition.

Une déviation maximum de + et — 25 Kc est un taux employé dans les appareils de trafic, graphie modulée et phonie. Une déviation de + et — 60 Kc et même ± 75 Kc est employée pour la radiodiffusion.

Caractéristiques conseillées pour les étages non spéciaux du récepteur. — Les ondes courtes sont employées pour des ensembles émetteurs-récepteurs militaires; les ondes très courtes (de 5 à 10 mètres ou de 1 m. 50 à 3 mètres) le sont beaucoup plus.

Les étages HF et changeurs de fréquence doivent être à large bande passante, si la déviation atteint 75 Kc. Il ne faut donc pas s'étonner de voir des résistances de l'ordre de 50.000 ohms en parallèle sur ces circuits accordés.

L'oscillateur local pour le changement de fréquence doit être très stable : lorsque le récepteur est alimenté par le secteur, on réalise souvent une alimentation régulée, et la tension de plaque oscillatrice est prise souvent sur un tube à gaz (revoir paragr. 283 *bis*).

Pour l'oscillateur local, le montage ECO (fig. 248) est le plus conseillé; l'oscillateur Hartley ou le symétrique neutrodyne le sont aussi, mais moins pour cette question de stabilité.

L'oscillateur local du récepteur peut être aussi à quartz, ce qui assure sa stabilité de réglage (accord définitif sur la fréquence à capter en enfonçant le poussoir mettant en service le quartz d'oscillation locale correspondant). C'est le cas dans l'émetteur-récepteur à modulation de fréquence BC 659 A américain des installations S.C.R. 609 et 610 et c'est ce qui permet au récepteur de piloter et stabiliser la fréquence d'émission de l'émetteur inclus dans le même appareil (voir par. 293-4 où nous avons expliqué ce dispositif de stabilisation de l'émetteur adjoint).

La valeur moyenne fréquence, avec une déviation de 75 Kc, et pour les O.T.C., est choisie dans les 3.000 Kc (3.150 sur les SADIR 87). Pour les récepteurs de 1 m. 60 à 3 mètres, on choisit une MF de 4.000 à 5.000 Kc (4.300 Kc sur le SADIR R 87 HS FM). Des résistances en parallèle sur les circuits MF les amortissent, afin d'obtenir la large bande passante souhaitée.

Sur le récepteur à modulation de fréquence BC 603 de l'ensemble SCR 508, 528, 538, la gamme d'ondes à recevoir allant de 10,75 à 15 mètres, soit des fréquences de 27.900 à 20.000 Kc/s, la valeur MF choisie est de 2.650 Kc/s. La largeur de bande passante doit être d'au moins 80 à 100 Kc/s, car l'émetteur BC 604 des mêmes équipements qui assure les liaisons avec ce récepteur est modulé en fréquence à ± 40 et même ± 50 Kc/s.

L'amplification avant démodulation (« détection ») *doit être importante pour obtenir la plus grande ampleur possible des signaux.* On utilise le plus souvent un étage HF, à 1 ou 2 lampes, dans ce cas en symétrique, un étage changeur de fréquence à oscillatrice séparée, et 2 étages MF au moins, quelquefois 3.

Les étages BF sont classiques. Mais il nous reste à étudier comment extraire cette BF du signal modulé en fréquence obtenu à la sortie MF.

Nous allons présenter d'abord les circuits les plus classiques désormais, comme *limiteur* et comme *discriminateur.* Nous prenons pour base le récepteur SADIR R 87 (C.D.E. ou F) *pour modulation en fréquence (et modulation en amplitude).*

Nous avons étudié les récepteurs SADIR R 87 pour ondes O.T.C. ordinaires au paragr. 312-3. Le schéma est identique en HF, MF et BF pour les modèles pour modulation en fréquence. La lampe détectrice et première BF (6Q7) comporte simplement une commutation et les branchements permettant *par le jeu d'un simple inverseur* de mettre en fonctionnement le limitateur d'amplitude et le discriminateur *contenus dans un coffret indépendant.* Cette mise en fonctionnement sur modulation en fréquence fait que la lampe 6Q7 n'est plus en service,

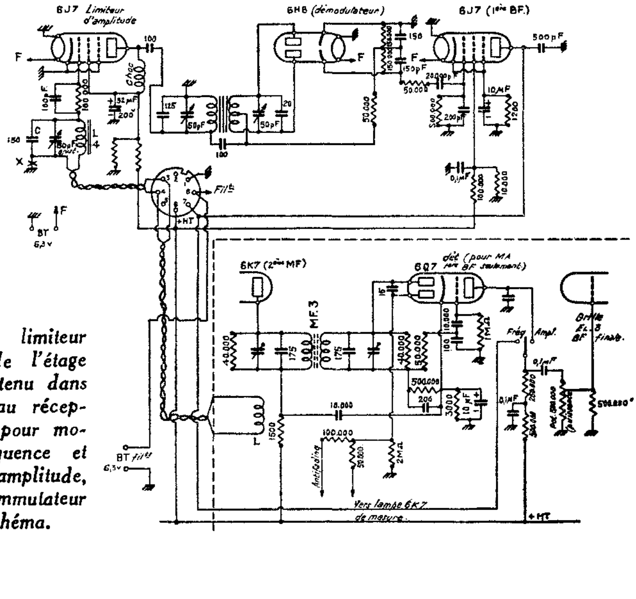


Fig. 299

Schéma de l'étage limiteur d'amplitude et de l'étage discriminateur contenu dans le bloc adjoint au récepteur Sadir R-87 pour modulation en fréquence et modulation en amplitude, par le jeu du commutateur indiqué sur le schéma.

sauf pour les diodes (tension d'antifading) ; son rôle de première BF est assuré alors par une lampe 6J7 montée dans le coffret limiteur-discriminateur (fig. 299).

Fonctionnement de l'étage limiteur d'amplitude. — Nous avons expliqué son rôle, en théorie, au paragr. 242, et en fig. 191.

C'est la première lampe 6J7 du bloc SADIR (fig. 299) qui remplit cette fonction. On appelle le montage choisi « limiteur à lampe saturée ». La lampe est montée en fait en détectrice grille (R de 100.000 ohms shuntée par 100 pF) et elle reçoit le signal MF par une bobine de couplage L_c et une connexion torsadée. L'ensemble L4, Lc, C, est accordé sur la valeur MF (3.150 Kc pour les types C. D. E. F ; 4.300 Kc pour le type HS).

La lampe 6J7 reçoit une tension plaque et une tension d'écran limitées. Le recul de grille est donc faible, et les alternances du signal MF sont tronquées à un niveau fixe, grâce à la chute de tension provoquée dans la R de 100.000 ohms par le redressement entre grille et cathode d'une partie du signal.

La lampe n'est pas utilisée en détectrice, le signal n'étant pas modulé en amplitude mais en fréquence, et seule la haute fréquence, en l'espèce le signal MF tronqué de ses crêtes d'amplitude trop grandes, passe par le condensateur de 100 pF vers un transfo toujours accordé sur la valeur MF et qui attaque le discriminateur.

Nous signalons une variante de ce genre de limiteur : la résistance shuntée du circuit grille (100.000 ohms — 100 pF) est placée alors à la base, au point *x*. Le fonctionnement est le même, mais on peut alors utiliser la tension négative développée par la tension détectée entre *x* et la masse pour servir comme un antifading classique à régulariser l'ampleur des signaux par action sur les lampes MF à pente variable.

Dans le SADIR R 87, nous voyons que cela est inutile, car la diode 6Q7 servant en modulation en amplitude fonctionne encore en ce qui concerne le service de la ligne antifading.

Discriminateur. — Nous avons décrit le rôle de démodulateur du signal au paragr. 242 et dans la fig. 191 *bis* et le montage en pont des deux redresseurs

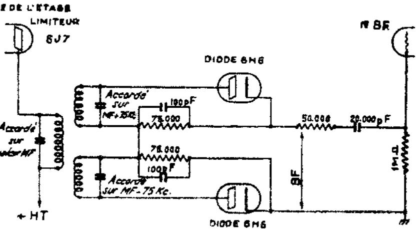


Fig. 299 *bis*

Principe d'un discriminateur obtenant la démodulation d'après les circuits accordés sur les fréquences extrêmes de la déviation.

qui, en se basant sur le déphasage autour de la fréquence centrale d'accord, transforme les variations de fréquence en variations de tension (BF). C'est exactement le schéma du SADIR en fig. 299, où la double diode 6H6 joue le rôle des 2 redresseurs de la fig. 191 bis.

Le condensateur de 20.000 pF prend le signal BF que la lampe 6J7 première BF amplifie.

Le dispositif SADIR est réalisé en 2 types : pour modulation en fréquence de ± 25 Kc de déviation maximum, et pour ± 75 Kc. Ce dernier équipe le R 87 HS (décrit au paragr. 312-4) pour ondes de 1 m. 60 à 3 mètres. Les amplificatrices MF sont des tubes 1851 à forte pente.

Autres types de circuits limiteurs et discriminateurs.

Nous rappelons le montage à *lampe saturée* détectrice grille décrit au paragraphe précédent et qui est le plus répandu. Certains réalisateurs abaissent à 40 volts les tensions plaque et écran de la 6J7, pour les transmissions à grande déviation de fréquence. La tension écran est souvent égale à la tension plaque.

Neutraliseur de modulation à hexode, pour remplacer les étages limiteur et discriminateur. — La moyenne fréquence (dernier transfo MF) attaque la grille 3 d'une hexode. La grille 1 de celle-ci est légèrement positive comme potentiel de base; elle reçoit aussi le signal MF. Ensuite 2 triodes sont montées en pont, l'une reçoit à sa grille le signal pris à la plaque de l'hexode; l'autre signal repris à la grille 1. La modulation BF est prise aux plaques triodes par liaison résistances-capacités (d'après J. STURLEY, *Radio receiver design, Chapmann et Hall*, éditeurs, Londres, 1945).

Discriminateurs. — Dispositif à véritable discriminateur de fréquence (et non discriminateur de phase comme en fig. 299). — C'est le montage qui était employé pour assurer la correction automatique d'accord des récepteurs de radiodiffusion.

Le schéma est donné fig. 299 *bis*. Les circuits secondaires sont accordés sur les fréquences extrêmes de la déviation : MF + 75 Kc et MF — 75 Kc par exemple.

Les récepteurs peuvent compresser la déviation de fréquence. — En effet, une grande déviation, intéressante pour la transmission, complique le rôle du discriminateur. On peut « compresser » cette déviation, la ramener à 25 Kc au lieu de 75 Kc, par exemple, par l'artifice suivant :

L'oscillateur local du changement de fréquence du récepteur, au lieu d'être une onde pure, est lui-même modulé en fréquence à la cadence BF. Ainsi, le battement aura une déviation égale à la différence des deux déviations. Mais il faut que l'oscillateur local soit modulé par le même signal BF; on prend donc une partie de la tension de sortie BF du récepteur et on l'envoie moduler l'oscillateur local. Le problème est d'avoir les deux variations de fréquence de l'onde reçue et de l'onde locale, en parfaite concordance de phase. (D'après STURLEY, *Radio receiver design, Chapmann et Hall*, éditeurs, Londres, 1945. D'autres dispositifs originaux sont analysés dans cet ouvrage.)

315 *bis*. — Squelch du récepteur FM des SCR 508-528-538 des chars. — Sur le récepteur à modulation de fréquence BC 603 qui équipe les ensembles SCR 508-528-538 des chars d'assaut, un système « squelch » sert d'interrupteur de parasites.

Il a pu être monté avec commande d'un relais mécanique par la lampe de silence selon le schéma de fig. 298 *bis*. Mais une autre version existe.

Le tube de silence, au lieu de comporter l'enroulement d'un relais dans son circuit plaque peut donner directement une tension de polarisation plus ou moins forte au tube préamplificateur BF, sans aucune commutation.

Il s'agit donc d'un montage automatique de même principe que le système français cité au début du paragr. 314-E, il a pu être adapté sans troubles au BC 603 parce qu'il s'agit d'un récepteur à modulation de fréquence; l'ampleur de la modulation ne modifie pas la tension de contrôle du silencieux; elle ne dépend que de l'amplitude de la porteuse.

Il s'ensuit que la manœuvre du potentiomètre de sensibilité, tout comme dans le paragr. 314-E (fig. 298 *bis*) détermine l'action du « silencieux », donc le seuil à partir duquel passent ou ne passent pas les signaux désirés.

Ce dispositif sans relais mécanique a l'avantage de permettre le branchement d'une « lampe d'appel » au néon qui signale le déblocage de la BF du récepteur, donc qui ne s'allume que lorsqu'un signal d'ampleur suffisante est capté par le récepteur, si la lampe squelch-antiparasites est en service (interrupteur sur « ON »).

Fonctionnement. — Tout comme dans le dispositif de la figure 298 *bis*, paragraphe 314-E, celui de la figure 299 *ter* prend une tension négative proportionnelle à l'ampleur du signal MF; il la trouve ici dans le discriminateur au point *A*, et l'applique à la grille du tube de silence. Cette tension négative neutralise une tension positive (avec faible courant grille) venue à la grille du même tube de silence par la chaîne 1 MΩ + 1 MΩ + 70.000 Ω + 250.000/250.000, bran-

chée au point *B*, qui est un point positif (+) puisque placé sur un diviseur de tension entre + HT et masse. La tension négative du point *A* modère donc le courant-plaque de la 6 SL 7, l'annule même, et celui-ci ne crée plus de chute de tension dans la 250.000 ohms du circuit plaque. Cette résistance fait partie aussi du circuit grille de la 1re BF 6 SL 6. Si elle ne crée pas de chute de tension, le tube 6 SL 6 est polarisé normalement et il amplifie correctement le signal BF.

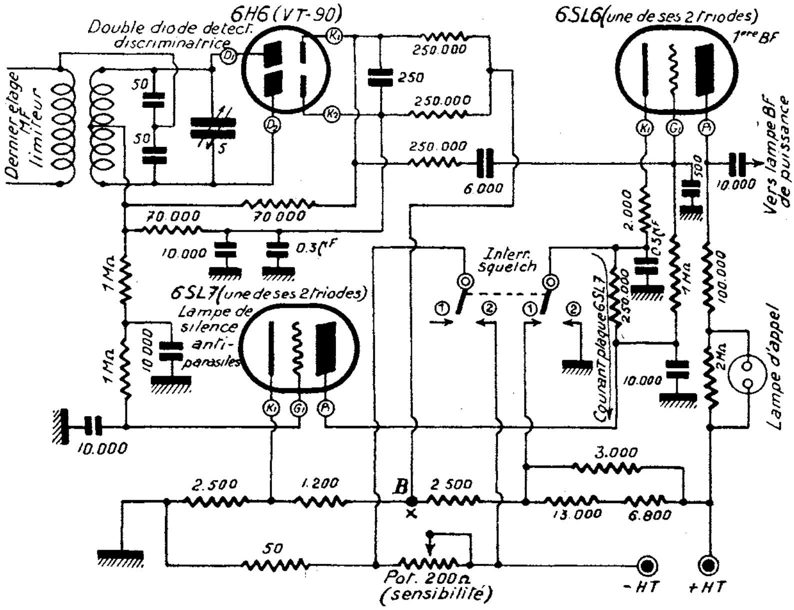


Fig. 299 ter

Schéma de silencieux-antiparasites automatiques pour récepteur à modulation de fréquence (BC 603 de l'ensemble pour chars d'assaut SCR 508-528-538).

Les 2 inverseurs à commande unique ont 2 positions possibles :

1 : antiparasites en service (ON);

2 : antiparasites hors service (OFF).

Le compensateur de variation de la capacité par la température a une valeur de 5 ± 0,5 picofarad.

A signaler aussi que le tube 6 SL 6 a alors un courant plaque normal, donc une chute de tension dans la 2 MΩ qui allume la lampe au néon placée à ses bornes (lampe *d'appel*).

En l'absence de signal, grille positive à la 6 SL 7 (par tension compensée par *A*), fort courant plaque 6 SL 7, chute de tension dans la 250.000, polarisation importante du tube 6 SL 6, aucune amplification du signal et lampe d'appel éteinte.

Le potentiomètre de 200 ohms branché dans le diviseur de tension dans la partie entre masse et —HT (potentiel négatif) permet de modifier toutes les tensions du diviseur et de régler la sensibilité du système.

315 *ter*. — Description complète d'un récepteur phonie à modulation de fréquence d'installation portative : le BC 659-A des installations SCR 609 (portatif) et SCR 610 (sur Jeep).

L'installation, portative ou sur Jeep, comporte en fait un émetteur et un récepteur associés, montés d'ailleurs sur le même châssis. Nous avons expliqué

comment ce récepteur gouvernait la fréquence d'émission de l'émetteur modulé en fréquence qui lui est associé (paragr. 293-4).

L'antenne a été présentée en fig. 278 *bis*.

Le schéma complet de ce récepteur à modulation de fréquence est donné ici en fig. 299 *quater*. L'association émetteur-récepteur et une vue de l'appareil des SCR 609 et 610 sera donnée au paragr. 317-1 et à la fig. 300.

Fréquences de fonctionnement : l'ensemble émission-réception est prévu pour fonctionnement sur deux voies, au choix par commutateur deux positions, et prédéterminées en atelier par mise en place de deux quartz et des selfs correspondantes, et réglables des nombreux ajustables à air. Ces deux fréquences sont choisies dans le jeu de 120 fréquences possibles entre 27 Mc/s et 38 Mc/s (de 11 mètres à 7,9 mètres de longueur d'onde). Ces fréquences s'échelonnent de 100 Kc/s en 100 Kc/s.

L'unité de combat équipées de plusieurs SCR 609 ou 610 possède donc un réseau pré-réglé en atelier sur les deux fréquences choisies au départ.

Attention! il ne faut jamais interchanger les quartz, sinon tous les réglages d'alignement (accord des circuits HF) deviennent faux, le réseau ne serait plus calé; les échanges de transmissions ne seraient plus possibles.

Les quartz fixent la fréquence de l'oscillateur local du récepteur : superhétérodyne à changement de fréquence, mais ils asservissent par l'intermédiaire du récepteur la fréquence de l'émetteur (revoir paragr. 293-4, et nouvelle fig. 265).

Energie en jeu : le récepteur consomme 0,95 ampère sous 1,5 volt (BT) et 48 mA sous 90 volts (HT). L'émetteur consomme 0,3 A sous 7,5 volts et 50 mA sous 150 volts, et délivre 2 watts-antenne. Dans ces conditions, la portée entre deux E-R SCR 609 ou 610 est de 5 km.

Le récepteur comprend :

1° *Un 1er étage amplificateur HF* à tube penthode 1LN5 tensions plaque et écran : 85 volts; les circuits L_2 ont été accordés sur la fréquence du signal à recevoir. Le choc HF du circuit plaque renvoie le signal amplifié sur la grille du tube sivant, par 1.000 pF.

2° *Un 2e étage amplificateur HF* à tube 1LN5, tension plaque 72 volts, tension écran 67 volts; le circuit de grille L_6 est accordé sur le signal reçu.

3° *Un étage oscillateur à quartz* à tube 1299; tensions plaque et écran : 90 volts. Le quartz oscille à une fréquence choisie *f*. Mais le circuit plaque de l'oscillatrice L_8 est accordé sur la fréquence quatre fois plus grande (harmonique 4). Exemple : quartz 10.575 Kc/s; circuit plaque L_8 : 42.300 Kc/s. C'est cette onde locale $4f$ qui est injectée à la 1re grille de la mélangeuse.

4° *Un étage mélangeur (changeur de fréquence)* à tube 1LC6, triode-tétrode. Le battement entre le signal reçu à la grille G, avec circuit L_7 accordé, par exemple signal reçu 38 Mc/s : 38.000 Kc/s, d'avec le signal local reçu à la grille *g*, sera de : 42.300 — 38.000 = 4.300 Kc/s.

En effet, le circuit plaque de la 1LC6 est accordé sur cette fréquence : 4.300 Kc/s qui est donc la valeur MF du récepteur.

5° *Deux étages amplificateurs MF successifs* à tubes 1LN5, accordés sur 4.300 Kc/s.

6° *Un étage limiteur d'amplitude* à tube 1LN5, mais celui-ci avec plus faible tension d'écran (R = 100.000 ohms), ce qui écrète les signaux de trop grande ampleur (revoir théorie paragr. 242). L'accord (T_4 et T_5) est toujours sur 4.300 Kc/s.

7° *Un étage discriminateur-détecteur* à deux diodes, l'une dans le tube 1294, l'autre dans le tube 1LH4. Les variations de fréquence de part et d'autre de la centrale 4.300 Kc/s dues à la modulation donnent au point K, cathode de la diode, une tension BF (revoir théorie paragr. 242).

8° *Un étage amplificateur BF* à tube 1299, tétrode à faisceaux dirigés. Il attaque soit l'écouteur du combiné, soit un haut-parleur interne.

Un support à huit broches permet les mesures. Quand le récepteur est en bon ordre de marche, étages 4.300 Kc/s bien réglés sur cette fréquence, étages HF

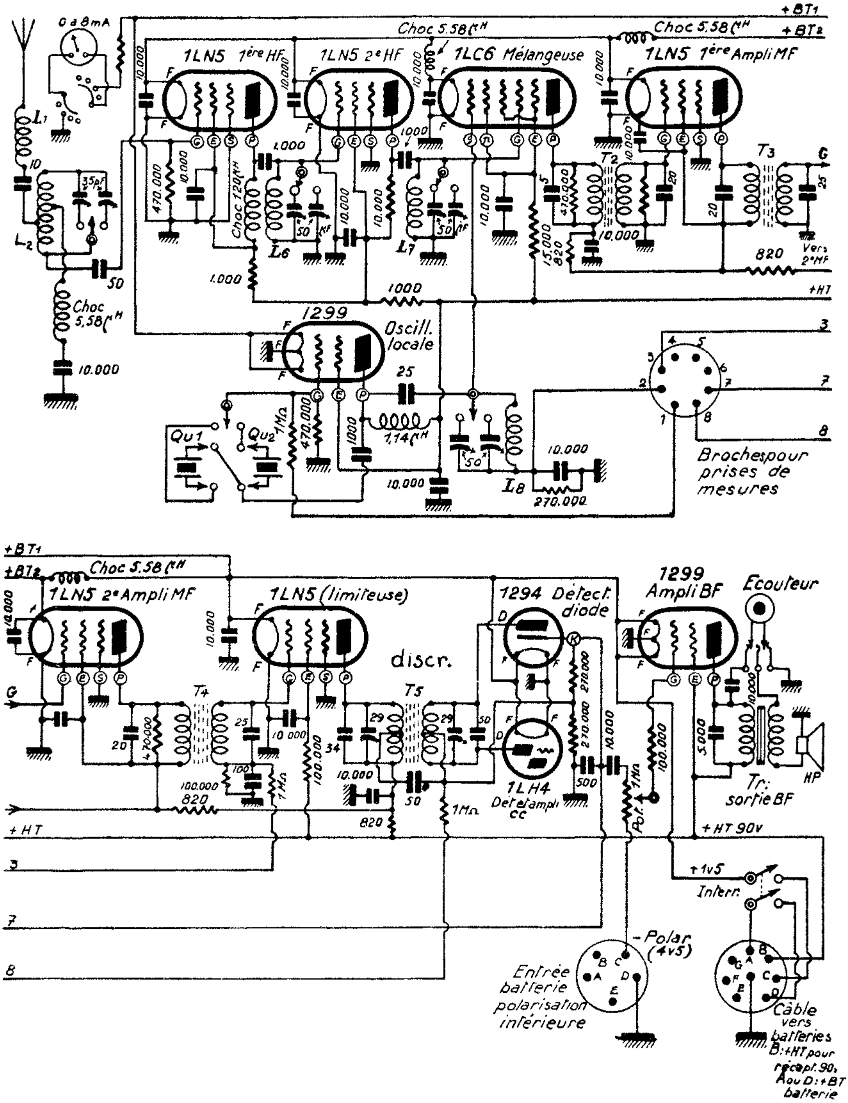


Fig. 299 *quater*

Schéma complet du récepteur de l'ensemble d'émission réception en modulation de fréquence BC-659 A des installations SCR 609 (portatives) et 610 (sur Jeep).

bien accordés pour le signal correspondant au quartz en service, on doit trouver les tensions suivantes, avec un voltmètre à lampe : Broche 1 (tension grille oscillatrice récept.) : — 15 volts au moins jusqu'à — 30 volts en réception.

Broche 2 (tension grille injection *g* mélangeuse) : — 4 volts au moins.

Broche 3 (tension grille limiteuse) : varie avec le signal capté de — 1 à — 20 volts.

Broche 7 (tension sortie discriminateur) : de + 0,25 à — 0,25 volt.

Broche 8 (tension sortie diode dét.) : tension variable selon le signal à l'entrée du récepteur et selon l'exactitude de l'accord.

Les autres contacts du support sont réservés à l'émetteur.

Broche 4 : grille modulatrice.

Broche 5 : tension grille du séparateur.

Broche 6 : tension grille oscillatrice émetteur.

Nous donnons dans la 40e leçon (émission-réception) la vue d'ensemble de l'appareil BC-659 A des installations SCR 609 ou SCR 610.

315 *quater*. — **Récepteur à modulation de fréquence de l'appareil SFR MF 460.**

Nous rappelons que l'émetteur de ce nouvel ensemble pour postes fixes et mobiles sur voitures auto a été étudié au paragr. 293-6.

Le récepteur est *du type à double changement de fréquence* (voir par. 312-6 et 312-6 *bis* où ce principe est appliqué dans un récepteur pour modulation d'amplitude). Mais ici il s'agit de réception de signaux modulés en fréquences et sur des longueurs d'onde de 2,78 à 4,28 mètres de longueur d'onde.

Un quartz commande l'obtention des deux fréquences d'oscillation locale nécessaire.

Le bloc oscillateur fournissant les deux fréquences hétérodynes de conversion comprend :

— un pilote à quartz oscillant entre la grille de commande et la grille écran d'une pentode (6 AK 5) dont le circuit est accordé sur l'harmonique 2 du quartz; cette fréquence double de celle du quartz constitue la fréquence hétérodyne du 2e changement de fréquence.

— un étage quadrupleur équipé d'une pentode 6 AK 5 qui délivre la fréquence hétérodyne du 1er changement de fréquence à partir de la fréquence hétérodyne précédente.

Le récepteur comprend les étages suivants :

— Amplificateur haute fréquence : 6 AK 5.

— Oscillateur 1er changement de fréquence : 6 AK 5.

— 1er changeur de fréquence : 6 AK 5.

— Amplificateur moyenne fréquence (30 Mc/s) : 6 AK 5.

— Oscillateur 2e changement de fréquence : 6 AK 5.

— 2e changeur de fréquence : PM 07 (ou 6 F 12 ou CV 138).

— 1er étage moyenne fréquence à 3 Mc/s : PM 07 (ou 6 F 12 ou CV 138).

— 2e étage moyenne fréquence à 3 Mc/s PM 07 (ou 6 F 12, ou CV 138).

— 1er limiteur PM 07 (ou 6F12 ou CV 138).

— 2e limiteur et discriminateur PM 07 et 6 AL 5.

— 1re BF et suppression de bruit de fond (squelch) 6 J 6 et 6 AL 5.

— BF de puissance 6 AQ 5.

Le circuit de squelch est composé d'un étage amplificateur, d'un filtre passe-haut 10 Kc/s et d'un détecteur retardé. Le bruit de fond est riche en fréquences élevées qui, après détection, bloquent l'étage pré-amplificateur basse fréquence. Lorsqu'on reçoit une émission, modulée ou non, ce bruit de fond est supprimé et la lampe finale fonctionne normalement. Ce dispositif peut être mis hors service par un interrupteur.

La sensibilité du récepteur est de l'ordre du microvolt; elle n'est limitée que par le bruit de fond produit par le souffle du circuit d'entrée.

Alimentation :

L'alimentation existe en deux types standard :

431. — *Alimentation batterie* 12 volts, avec convertisseurs tournants HT, un pour l'émission, l'autre pour la réception.

432. — *Alimentation secteur alternatif.*

Ce châssis comporte un redresseur à valve biblaque 5 U 4 fonctionnant à deux régimes :

— 350 V 0,2 A à l'émission,

— 180 V 0,2 A à la réception.

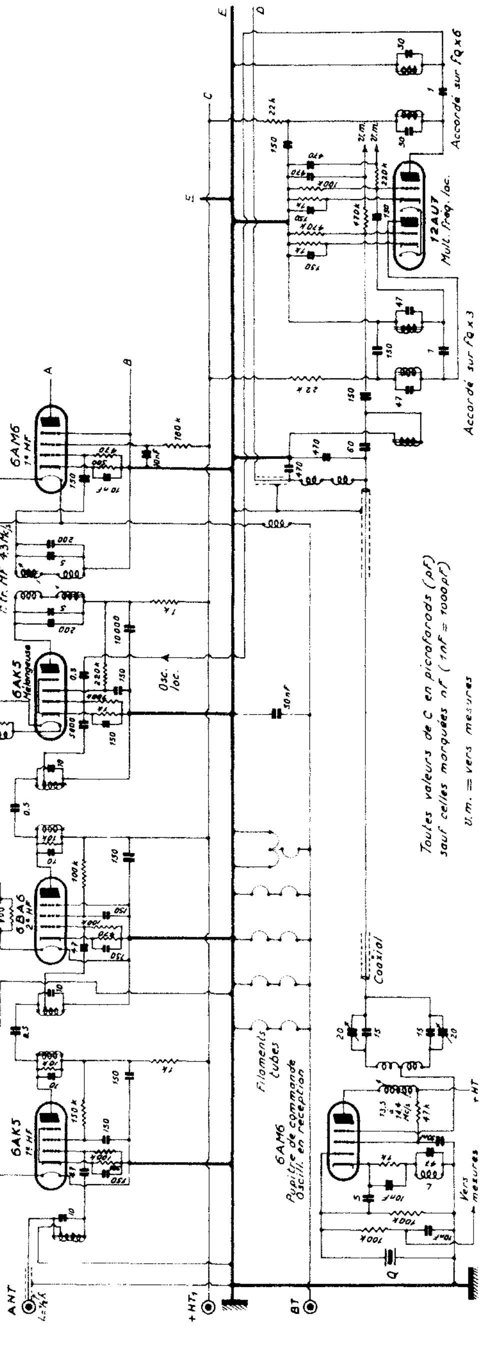
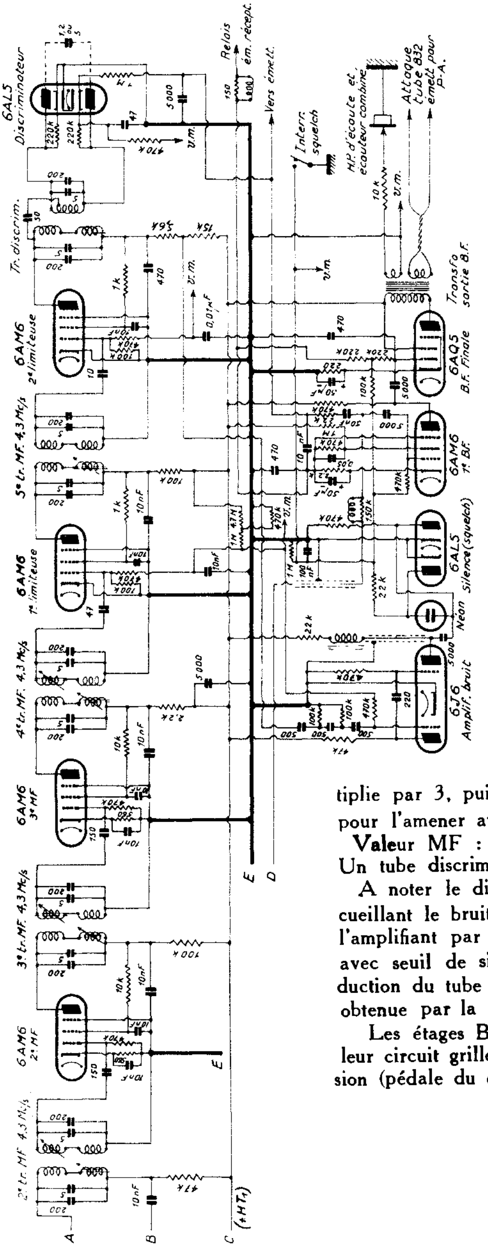


Fig. 299 quinquiès



315 *quinquiès*. **Récepteur à modulation de fréquence de l'ensemble FM de L.M.T. : ERM 3463.**

Ce récepteur dont nous avons décrit l'émetteur à modulation de phase au paragraphe 293-6, avec schéma, comporte les circuits représentés en figure 299 *quinquiès*, scindée en deux parties.

Le coaxial venu de l'antenne attaque les circuits d'entrée à couplage fixe, à accord réglable par noyau plongeur : tube 6AK5, puis tube 6BA6 à gain réglable. Les transformateurs sont à couplage en tête par capacité.

Le tube changeur de fréquence reçoit le signal sur sa grille par prise sur le bobinage et l'oscillation locale (venue du pupitre de commande) sur cette grille par 0,5 pF.

L'oscillateur local 6AM6 qui sert de doubleur en émission, oscille sur quartz (5 fréquences au choix) avec circuit d'entretien dans la cathode. Le tube 12AU6 multiplie par 3, puis encore par 2, ce signal local pour l'amener aux 90 Mc/s nécessaires.

Valeur MF : 4,3 Mc/s. Deux tubes limiteurs. Un tube discriminateur.

A noter le dispositif de silence (squelch) recueillant le bruit sur la deuxième limiteuse, l'amplifiant par les deux triodes du tube 6J6, avec seuil de silence dosé par tension de conduction du tube néon et avec tension de blocage obtenue par la redresseuse 6AL5.

Les étages BF attaquant le haut-parleur ont leur circuit grille mis à la masse pendant l'émission (pédale du combiné relâchée : alternat).

Fig. 299 *quinquiès* **(suite).**

QUARANTIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DE L'ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR

Nous connaissons les montages émetteurs des postes de trafic (35e leçon) ; nous connaissons les montages récepteurs qui équipent ces mêmes postes (37e à 39e leçons) : nous avons étudié les installations d'antennes qui peuvent être communes à l'émission et à la réception (36e leçon).

LE POSTE DE TRAFIC MILITAIRE SERA A LA FOIS ÉMETTEUR ET RÉCEPTEUR POUR LES STATIONS PORTATIVES. Nous allons voir comment l'association des deux montages est parfois réalisée dans un même appareil : quels sont les circuits communs à l'émetteur et au récepteur, quel dispositif permettra de passer rapidement de la mise en service de l'un à la mise en service de l'autre, quels seront les réglages propres à l'émetteur-récepteur.

316. — Circuits communs à l'émetteur et au récepteur. — Dans les installations normales, on ne rencontre guère la solution extrême qui consiste à faire servir les mêmes lampes et les mêmes circuis légèrement modifiés, en émission et en réception, sauf sur les émetteurs-récepteurs portatifs sur OC à quartz. Dans ce cas, les lampes amplificatrices BF deviennent lampes modulatrices. Les graves inconvénients suivants la font rejeter pour les appareils sans quartz à la réception :

1° Les réglages des circuits haute fréquence changent lorsque l'on passe de réception en émission, car les caractéristiques de ces circuits ne peuvent exactement être les mêmes.

Or, un trafic régulier est impossible si la mise au point est à refaire à chaque échange de communications.

2° La puissance mise en jeu à l'émission doit normalement être plus élevée qu'à la réception.

3° Le montage est très compliqué, les risques de pannes sont bien plus grands, la mise hors service de l'émetteur entraîne celle du récepteur et inversement.

Les circuits communs à l'émission et à la réception dans les postes combinés sont, en général :

1° LES CIRCUITS D'ALIMENTATION, chauffage des filaments et tension plaque. Cependant les sources d'alimentation elles-mêmes ne seront bien souvent pas les mêmes dans les deux cas, surtout celle de tension plaque.

A l'émission, c'est parfois une génératrice mue à la main ou par pédale qui peut fournir la HT, tandis qu'à la réception, des piles fournissant une tension plus faible, et aussi une tension plus régulière, seront mises en circuit.

Pour les installations de puissance un peu plus grande, ce sont des *convertisseurs* qui fournissent la haute tension; ils sont alimentés par la basse tension (accus). Mais le convertisseur de l'émission fournira par exemple 1.000 volts, même 1.500 volts, et une tension auxiliaire de 400 volts pour les étages oscillateur et préamplificateur, tandis qu'un autre convertisseur fournira seulement 300 volts ou 250 volts pour le récepteur.

Pour le filament, la source est souvent la même, par exemple accumulateur qui fonctionne seul à la réception, et en « tampon » à l'émission parce que la génératrice à main ou la dynamo du bord tourne et le recharge.

2° L'ANTENNE ET LE CONTREPOIDS (OU TERRE) sauf pour certains postes fixes ou demi-fixes, possédant deux antennes distinctes.

Au contraire : (sauf pour les petits appareils émetteurs-récepteurs portatifs OTC) :

Les lampes d'émission et de réception sont toujours distinctes.

Les circuits haute fréquence (bobinages et condensateurs variables d'accord) sont toujours distincts et complètement indépendants.

316 *bis.* — Emetteur-récepteur à circuits essentiels communs : le SCR 536-BC 611 handie-talkie :

a) l'adoption d'un quartz à la réception pour l'oscillation locale d'un super-hétérodyne;

b) l'emploi de la modulation d'amplitude permettent la réalisation d'appareils émetteurs-récepteurs portatifs *dont la plupart des tubes ont une fonction aussi bien en émission qu'en réception.*

Tel est le « handie-talkie » SCR 536.

Nous avons publié au paragr. 292-3 l'étude complète de l'émetteur que constituent ses circuits quand les doigts appuient sur la poignée du coffret position « parole », et en paragr. 311 l'étude complète du récepteur qu'il constitue quand cette poignée n'est plus enfoncée (position « écoute »).

Les deux schémas émission (fig. 261 *ter*, 272 *ter*) et réception (fig. 289 *bis*) s'associent donc grâce aux commutations effectuées par la manœuvre de la poignée.

Voici pour juger maintenant *l'ensemble* (émission et réception associées) une récapitulation des fonctions des cinq tubes dans les deux cas.

	En émission :
I. VT 174 — 3 S 4 penthode de puissance.	Ampl. HF de puissance, attaque l'antenne.
II. VT 171 — 1 R 5 heptode,	Oscill. HF génératrice du signal, quartz « émis » entre écrans et première grille, attaque de l'amplificateur HF.
III. VT 173 — 1 T 4 penthode amplif. de tension,	ne fonctionne pas en émission, filament non alimenté; éteinte.

IV. VT 172 — 1 S 5 diode-penthode,	diode inutilisée; penthode est 1re BF après le micro, attaque le tube suivant.
V. VT 174 — 3 S 4 penthode de puissance.	2e BF, forme avec la précédente l'ampli de modulation; module les tensions écran et plaque de l'autre 3 S 4, ampl. HF.

En réception, les 5 tubes ci-dessus deviennent :

I. Ampl. HF de tension, attaquée par l'antenne, une seule moitié du filament est chauffé.

II. Changeuse de fréquence : signal HF reçu sur la 3e grille, oscill. locale sur F + 455 Kc. par quartz sur sa 1re grille.

III. Ampl. MF sur 455 Kc/s.

IV. Détectrice diode et antifading + 1re BF.

V. BF finale à puissance limitée : tension écran faible, une seule moitié du filament chauffée, attaque l'écouteur.

Inverseur émission-réception. — Dans les circuits d'émission, ses contacts ont été présentés sur la position « E » (fig. 261 *ter*). Dans les circuits de réception, ils ont été présentés sur la position « R » (fig. 289 *bis*). Pour associer les deux fonctions, voici comment se comporte chaque inverseur commandé par la poignée latérale. Quatorze inverseurs sont mus par cette seule manœuvre.

A
- — Branche *en émission*, le quartz de la fréquence de travail du réseau sur la 1re grille oscill. 1R5.
- — Branche *en réception*, le second quartz, d'une fréquence plus élevée de 455 Kc/s (valeur MF), sur la même 1re grille 1R5.

B
- — Débranche *en émission* le diviseur de tension à résistances.
- — Branche *en réception*, ces résistances qui permettent, en atelier, de doser la sensibilité par variation de la polarisation de la ligne antifading, donc des retours grilles des trois premiers tubes.

C
- — Branche *en émission* la 1re grille tube 3S4 HF sur 470.000 ohms, retour grille sur la masse.
- — Branche *en réception*, la même grille sur 1 MΩ, retour grille sur la ligne antifading.

D
- — Branche *en émission*, l'antenne à la plaque du 1er tube 3 S 4, amplificateur HF.
- — Branche *en réception*, l'antenne au circuit accordé attaquant la grille du même tube, pour ampl. HF.

E
- — Branche *en émission*, la plaque du tube ci-dessus 3 S 4 (sortie HF) au condensateur ajustable d'accord.
- — Branche *en réception* la même plaque,, par 15 pF à la grille du tube changeur de fréquence 1R5 qui le suit.

F
- — Branche *en émission* entre grille oscillatrice et masse, un condensateur de 25 pF, pour réaction de l'oscillateur.
- — *En réception*, met ce condensateur à la masse.

G
- — Court-circuite *en émission* 47.000 ohms pour donner toute la tension HT à la plaque ampl. HF 3 S 4.
- — *En réception*, libère cette résistance : tension plaque 3 S 4 plus faible.

H
- — Débranche *en émission* la HT des circuits plaque et écran du tube MF 1 T 4. Court-circuite aussi 33.000 ohms pour donner toute la HT à la plaque ampl. BF modulatrice 3 S 4 (5e tube).
- — *En réception*, branche la HT sur 1T4 et laisse les 33.000 ohms pour HT réduite sur la BF finale 3 S 4.

J	— Branche *en émission* le microphone à la grille 1 S 5. — *En réception,* met ce microphone à la masse.
K	— Branche *en émission* les filaments supplémentaires des 2 3 S 4 ampl. HF et ampl. BF pour chauffage total. Par contre, le filament 1 T 4 est débranché. — Débranche *en réception* les moitiés de filaments des deux 3 S 4, et branche le filament 1 T 4.
L et M	Ces deux contacts reliés ensemble : — Branchent *en émission* 4.700 ohms dans l'écran de la 1 R 5, branche la HT directe sur l'écran de la 3 S 4 basse fréquence (5ᵉ tube). — Branchent *en réception* 330.000 ohms dans l'écran de la 3 S 4 BF, et 22.000 ohms dans l'écran de la 1 R 5.
N et O	Ces deux contacts reliés ensemble : — Branchent *en émission* les circuits plaque et écran de la 3 S 4 ampl. HF à la plaque de la 3 S 4 ampl. BF, pour modulation. Placent 680.000 ohms dans sortie sur écouteur pour limiter la reproduction du signal émis. — Branchent *en réception* l'écouteur en sortie BF unique.

317. — Alimentation et antenne communes. Combinateur émission-réception. Pupitres de commande. Commande E/R par le manipulateur (écoute inter-signes). — Le commutateur qui permettra en une seule manœuvre, l'appareil étant en ordre de marche, de mettre hors service l'émetteur et de mettre en service le récepteur, ou inversement aura, d'après ce que nous avons établi au paragraphe 316, à réaliser les commutations suivantes dans le cas d'un émetteur et d'un récepteur distincts.

1° *Brancher l'antenne soit à la self d'antenne de l'émetteur, soit à la self d'antenne du récepteur.*

2° *Brancher la terre (ou contrepoids) soit à la base de la self d'antenne de l'émetteur, soit à la base de la self d'antenne du récepteur.*

3° *Brancher l'un des pôles de la batterie de chauffage soit sur le pôle correspondant des filaments des lampes émettrices, soit sur le pôle correspondant des lampes réceptrices :* afin d'allumer les unes ou les autres suivant la position.

Le pôle de la batterie de chauffage qui est choisi est celui qui est relié au — HT; ainsi, en même temps le — HT est appliqué soit aux circuits d'émission, soit aux circuits de réception.

De plus, indépendamment des deux positions émission et réception, le combinateur est généralement prévu avec une position intermédiaire, où les circuits ci-dessus sont coupés : ni l'émetteur ni le récepteur n'ayant d'alimentation ni d'antenne, le poste est complètement hors service : c'est la position « arrêt » de l'appareil.

Le combinateur émission-réception peut en plus des inversions d'antenne et d'alimentation, effectuer des commutations de circuits spéciales soit à l'émetteur, soit au récepteur. Par exemple, couper le circuit

de l'émetteur lorsque l'on est sur la position réception, pour éviter qu'il y ait absorption d'énergie dans ce circuit qui est accordé souvent sur la même longueur d'onde (émission sur la même longueur d'onde que le correspondant que l'on reçoit).

Lorsque les appareils sont à lampes à chauffage indirect, l'alimentation BT reste branchée en permanence sur l'émetteur et le récepteur afin de garder les lampes en état de fonctionnement immédiat.

Sur les ensembles importants, comme les installations à bord des avions de transport ou des navires, l'émetteur et le récepteur sont des appareils distincts, mais ils sont unis par une *boîte de commande*. C'est cette boîte de commande qui porte le combinateur émission-réception. Ce combinateur dirige l'antenne soit sur l'émetteur, soit sur le récepteur, et dirige les alimentations (BT et HT), soit sur l'émetteur, soit sur le récepteur. C'est donc à ce poste de commande que sont branchés l'arrivée d'antenne et les câbles d'alimentation (revoir fig. 255).

De plus, le combinateur commande les mises en circuit nécessaires, soit dans l'émetteur, soit dans le récepteur, mais comme il s'en trouve séparé, cette commande a lieu par relais. Un courant pris aux accus du bord (sur 6 volts, 12 volts ou 24 volts) est envoyé par le combinateur placé sur le poste de commande dans des électro-aimants incorporés à l'émetteur et au récepteur. Ces électros font les commutations nécessaires.

Le manipulateur de l'émetteur graphie, dans les postes modernes *met lui-même le récepteur en fonctionnement,* lorsqu'il est levé, et le « bloque » au contraire lorsqu'il est abaissé. Cela se fait par l'intermédiaire d'un électro-aimant (relais). Revoyez le paragraphe consacré au dispositif « écoute inter-signes » (au chapître des émetteurs (paragr. 290).

Dans l'*écoute inter-signes,* ce peut être simplement le casque qui est débranché du récepteur, lorsque le manipulateur s'abaisse, et en même temps branché pour écouter le propre signal de l'émetteur (cas des émetteurs SFR AS-59). Le même résultat d'écoute inter-signes est assuré sur des ensembles émission-réception américains de la manière suivante : le relais actionné par le manipulateur abaissé met l'antenne de réception (distincte) à la masse, et met la grille de la première lampe basse fréquence à la masse.

317-1. — Exemple d'association d'un émetteur et d'un récepteur modulés en fréquence sur les SCR609 (portatif) et 610 (sur Jeep).

Nous avons décrit l'émetteur au paragr. 293-4 schéma en fig. 265, et nous avons montré que le récepteur associé gouvernait et contrôlait la fréquence centrale d'émission. Le récepteur associé a donc l'essentiel de ses circuits en service pendant l'émission.

Nous avons donné aussi le schéma complet et l'étude du récepteur au paragraphe 315 *ter* et fig. 299 *quater*.

Les branchements étant tous en ordre de marche (antenne et alimentations), le contacteur général étant sur « ON » (marche), le commutateur de l'appareil de mesure étant placé sur OPER (opérez!), le sélecteur CHAN (changement de voie de trafic) étant placé sur la voie choisie, l'une des deux qui équipent l'appareil (choisies en atelier parmi les 120 possibles) :

Il suffit alors d'appuyer sur la poignée du combiné micro-écouteur pour être en « émission » (parlez!) et de la relâcher pour être en « réception » (écoute). Mais cette manœuvre agit seulement sur le branchement ou débranchement du micro. En fait, l'émetteur et le récepteur sont en fonctionnement ensemble.

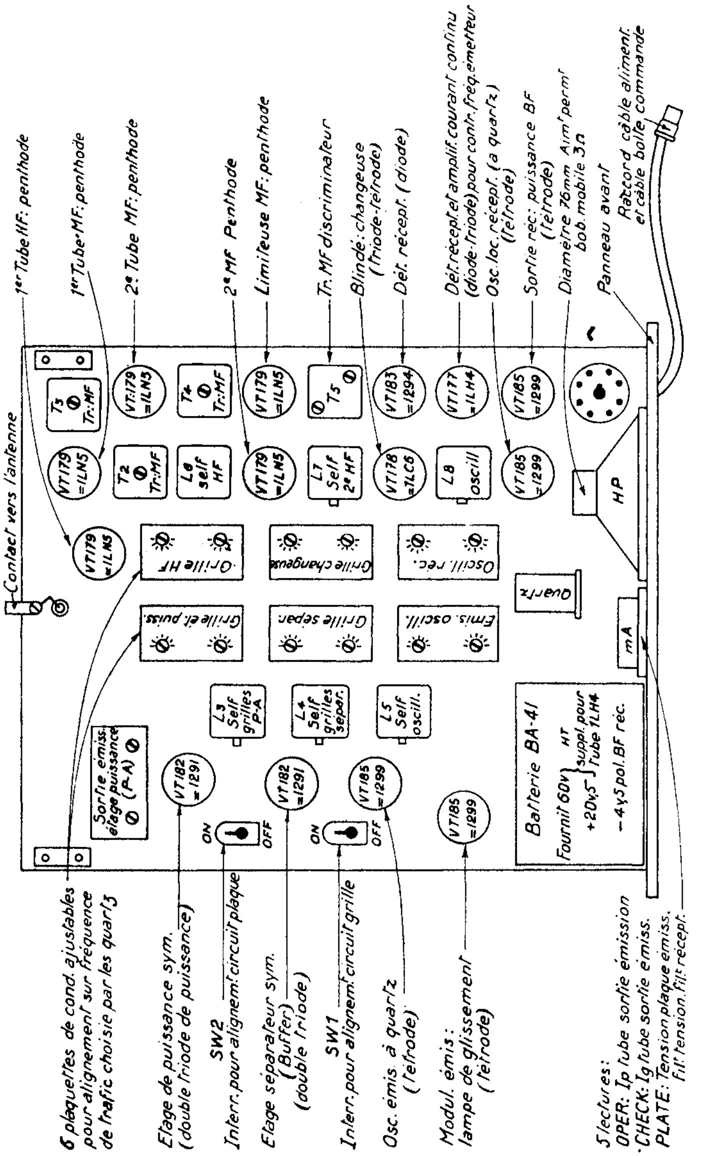


Fig. 300

Vue de dessus du châssis de l'émetteur-récepteur des installations SCR-609 et SR 610.

Le milliampèremètre mA donne cinq lectures.
Contacteur sur OPER : I_p du tube de sortie émission.
Contacteur sur CHECK : I_g du tube de sortie émission.
Contacteur sur PLATE : Tension plaque tubes émission.
Contacteur sur FIL : Tension filaments tubes réception.

Un bloc de commande (RM 29 A) (dimensions 13×16×25 cm) peut recevoir les fiches de branchement d'une ligne téléphonique. Il est relié par câble à l'émetteur-récepteur SCR 609 ou SCR 610. Là encore, il faut appuyer sur l'interrupteur du combiné micro-écouteurs de l'émetteur-récepteur pour qu'il y ait émission de la conversation qui arrive par la ligne téléphonique, mais on a auparavant mis le contact de l'appareil sur la position « Trough » afin que l'entrée du modulateur soit attaquée par la ligne et non par le micro de l'opérateur.

La nouvelle fig. 300 donne le plan d'ensemble de l'appareil BC 659-A des installations SCR 609 et SCR 610. C'est la réalisation pratique des circuits des fig. 265 (émetteur) et fig. 299 *quater* (récepteur) associés dans le même appareil.

317 *bis*. — Emission-réception phonie : systèmes Duplex. — Alternat et alternat automatique. — Les appareils plus spécialement destinés aux transmissions en phonie entre *deux* stations peuvent utiliser, pour la transmission plus ou moins rapide de la conversation, donc l'échange de paroles dans les deux sens, l'un des procédés suivants :

DUPLEX. — On appelle ainsi le fonctionnement des deux émetteurs *sur deux longueurs d'onde différentes* (quoique situées généralement dans la même gamme d'ondes). Exemple : au poste A l'émetteur envoie sur 6 m. 40 de longueur d'onde, et le récepteur du même poste doit être réglé sur 7 m. 10, car telle est la longueur d'onde de l'émetteur du poste B. *Avantages* : le récepteur ne peut réagir sur l'émetteur qui est à côté de lui, ni inversement. La sécurité de fonctionnement est totale; les appareils fonctionnent simultanément; les ondes porteuses sont émises en permanence et on peut donc parler comme l'on veut, sans attendre la mise en service de l'émetteur (jamais instantanée).

Un contact à ressort se trouve sur le combiné téléphonique, la main le presse pour fermer le circuit du micro, donc aussitôt que l'on veut parler.

ALTERNAT. — On appelle ainsi le fonctionnement avec manœuvre d'un inverseur « émission-réception », comme pour les appareils graphie (voir paragraphe précédent 317), l'émetteur et le récepteur restant en état de fonctionnement, mais l'inverseur muselant l'un ou l'autre selon la position pour éviter l'inter-action. *En alternat, on peut donc fonctionner sur la même longueur d'onde ou à peu près, pour les deux transmetteurs*; cependant, on peut choisir aussi bien deux longueurs d'onde légèrement différentes. L'alternat est, on le conçoit, un mode de fonctionnement plus lent que le duplex.

ALTERNAT AUTOMATIQUE. — Dans ce cas, aucune manœuvre n'est à faire pour le passage d'émission à réception; la commutation utile est effectuée par un *relais* (électro-aimant) et *celui-ci est commandé par la parole même du correspondant :*

Pour cela, une partie de la tension BF issue du microphone est envoyée à un appareil particulier. Celui-ci comprend d'abord une lampe préamplificatrice qui amplifie le signal BF. Cette lampe attaque, par liaison résistances-capacité, la grille d'une lampe BF de puissance. Mais celle-ci est montée en classe « B » : c'est-à-dire que sa résistance de grille fait retour sur un point négatif (fourni par l'alimentation) tel que la polarisation négative appliquée corresponde à l'annulation du courant plaque (comme en fig. 211 de la théorie radio). Pour cela la polarisation doit être égale au double environ de la valeur normale pour le fonctionnement correct de la lampe amplificatrice (exemple : une EL3 penthode BF a un courant plaque de 36 mA pour une polarisation normale de 7 volts:/si on porte le circuit grille à — 14 volts le courant plaque est de 0,5 milliampères). Lorsque aucun signal BF n'est transmis (aucune parole prononcée) le courant plaque de repos est donc nul (fig. 211, paragr. 258). Si on parle, le courant plaque augmente pendant les alternances positives, et le courant moyen est par exemple 18 milliampères. Il suffit de placer l'enroulement d'un électro-aimant dans le circuit plaque pour que dès qu'on parle, le courant moyen, passant dans l'électro, attire les contacts voulus (émetteur en service, récepteur bloqué).

Naturellement, cette lampe n'est pas utilisée dans les circuits de l'émetteur lui-même, le signal BF serait déformé, elle a pour seule fonction le déclenchement de l'alternat automatique. C'est pourquoi on ne lui applique qu'une partie des tensions du micro, l'autre partie étant confiée aux étages de modulation de l'émetteur.

CIRCUITS DITS « TERMINEURS ». — *Pour qu'une ligne téléphonique puisse être branchée sur un poste émission-réception radio*, il faut prendre certaines précautions. En effet, les 2 fils téléphoniques servant à la fois à amener la BF pour le modulateur de l'émetteur (le correspondant parle) et à prendre la tension BF de sortie du récepteur (le correspondant écoute).

Le risque est que l'émetteur se trouve modulé par ce que le récepteur reçoit, et même surmodulé; **ce qui chargerait ses circuits.** Mais, bien plus, l'émetteur et le récepteur seraient couplés, et des accrochages impossibles à juguler bloqueraient tout fonctionnement. On couple donc la ligne téléphonique d'une part à la sortie du récepteur, d'autre part à l'entrée de modulation de récepteur, par un système « termineur »; il consiste surtout en un transformateur « en pont » à 3 enroulements dont deux à prise médiane et bobinés en sens contraire. L'opposition des secondaires fait qu'aucune tension n'apparaît entre les bornes du modulateur émission lorsque le récepteur induit sa tension de sortie; par contre, l'enroulement attaquant la ligne téléphonique reçoit la tension BF induite.

D'autre part, lorsque c'est l'enroulement de la ligne téléphonique qui apporte une tension BF, celle-ci ne fait apparaître une tension induite qu'aux bornes du modulateur, et rien, ou presque, aux bornes du récepteur.

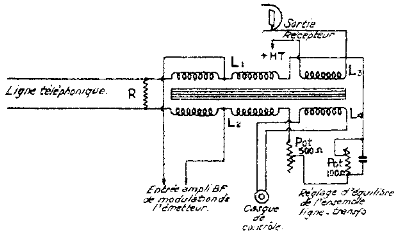


Fig. 300 *bis*

Schéma d'un transformateur pour termineur de liaison d'une ligne téléphonique sur émission-réception. Un quatrième enroulement peut être placé pour attaquer un casque qui contrôlera l'émission et la réception.

Un réglage doit être fait, car l'impédance de la ligne téléphonique entre en jeu : une résistance variable et une capacité shuntée par une autre résistance variable permettant de rétablir l'équilibre exact des impédances, pour le fonctionnement correct du pont (fig. 300 *bis*).

En fait, une lampe amplificatrice est pratiquement utilisée entre chaque entrée et sortie et le transformateur équilibré.

318. — Particularités de réglage d'un émetteur-récepteur. — Dans le cas particulier de postes de trafic travaillant en réseau, la longueur d'onde d'émission et la longueur d'onde de réception sont en principe les mêmes, sauf dans le cas de « Duplex »; les correspondants (deux ou plus) travaillant tous avec la même longueur d'onde fixée par le commandant du réseau. Nous verrons au chapitre « mise en service d'un émetteur-récepteur », paragraphes 327 à 344, la suite des opérations pratiques à effectuer dans un réseau militaire radio.

Il y a lieu de noter ici (s'il ne s'agit pas d'appareils contrôlés par quartz) :

1° *Les réglages du condensateur variable d'émission, et du condensateur variable de réception sont nettement différents.* D'autant plus que souvent les bobinages émetteurs et récepteurs n'ont pas du tout les mêmes valeurs.

2° *Le réglage de l'émetteur a lieu d'après l'ondemètre étalonné équipant l'appareil sur la longueur d'onde fixée; le réglage du récepteur a lieu d'après le signal envoyé par le correspondant* pour le capter dans les meilleures conditions possibles.

3° Les manettes d'émission et celles de réception forment deux groupes distincts sur le panneau de l'appareil. *Il suffit donc d'opérer tout comme si l'on changeait d'appareil, lorsque le combinateur émission-réception est changé de position.*

319. — Interphones de bord. — Dans les gros chars destroyers, dans les avions de bombardement ou de transport, le problème des liaisons téléphoniques entre les membres de l'équipage est résolu, non à l'aide de circuits téléphoniques ordinaires, car d'une part le bruit empêcherait toute conversation, et d'autre part il ne peut être question d'un standardiste pour mettre les correspondants en ligne, mais à l'aide d'*un amplificateur basse fréquence*, attaqué par les microphones de chacun, et dont le circuit de sortie peut être dirigé sur les écouteurs de chacun. Par ailleurs, il relie casques et écouteurs de chacun à l'entrée de l'émetteur radio et à la sortie du récepteur radio.

En fait, un pupitre de commande avec potentiomètre pour le réglage de la puissance BF permet à l'opérateur les combinaisons suivantes :

1° écoute du récepteur de radio, par l'intermédiaire de l'ampli de l'interphone et en même temps liaison de son micro à l'entrée modulation de l'émetteur;

2° écoute du récepteur de gonio de l'avion (navigation aérienne), le micro étant débranché;

3° liaison avec telle ou telle autre boîte de commande à bord de l'avion (jusqu'à 15 correspondants) par l'ampli de l'interphone;

4° appel général à tous les postes du bord.

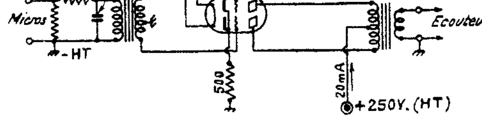


Fig. 300 *ter*

Schéma d'un ampli BF simple pour interphone de bord.

Nous donnons, sans le détail des commutations à l'entrée et à la sortie, le schéma d'un ampli BF interphone (fig. 300 *ter*). C'est un ampli push-pull (revoir paragr. 311) de deux lampes basse fréquence; les deux triodes peuvent être contenues dans un seul tube, comme le type 6N7 ou 6F8, ou encore le tube ELL1 (double penthode), etc.

QUARANTE-ET-UNIÈME LEÇON

TECHNOLOGIE DES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION DES APPAREILS MILITAIRES DE CAMPAGNE PORTATIFS

Les lampes utilisées sur les appareils de campagne portatifs, émetteurs, récepteurs ou émetteurs-récepteurs, *sont des lampes à chauffage direct*. En effet, elles demandent une intensité de courant filament beaucoup moindre que les lampes à chauffage indirect qui ont une cathode à échauffer.

Pour les postes mobiles portatifs, l'alimentation BT et HT sera faite :

Soit à partir des batteries : piles ou accumulateurs;

Soit à partir de générateurs à main ou à pédales.

Il en est ainsi sur le nouvel émetteur de détresse 1-F ou 2-F de S.F.R. : la machine à main fournit la haute tension, et même la basse tension, avec régulateur de tension.

Les lampes utilisées sur les appareils de trafic soit sur voitures automobiles, soit à bord de aéronefs, soit à bord des chars d'assaut, soit à bord des navires, sont soit à chauffage direct, soit à chauffage indirect.

Dans tous les cas ce sont les grosses batteries 6, 12 ou 24 volts du véhicule, de grande capacité (120 à 220 AH) qui alimentent leurs filaments. La tension plaque peut, dans ce cas particulier, être créée par un convertisseur qui tourne grâce au courant fourni par la batterie 6, 12 ou 24 volts du bord, ou être fournie par un ensemble vibreur-transfo.

Enfin, bien des installations sont sur secteur alternatif ou sur batteries de voiture, indifféremment.

Nous allons étudier les caractéristiques des batteries de piles, des batteries d'accus, des générateurs « machines à main » et des convertisseurs, des vibreurs et des redresseurs. Puis nous donnerons en exemple les équipements complets réalisant l'alimentation de quelques appareils courants.

320. — Caractéristiques des batteries de piles employées. — Nous rappelons que l'étude complète de la constitution des piles et de leurs associations a été faite dans la partie « Electricité » de cet ouvrage (paragraphes 48 à 56).

Les batteries de piles employées sont de deux types principaux :

1° *Les batteries de basse tension (1,5 à 6 volts) à grande capacité (5 à 10 AH), nécessaires pour le chauffage des lampes.*

En effet, la consommation des filaments de cinq lampes normales atteint environ 250 à 300 milliampères. Ce courant est demandé sous une tension de 1,4 à 6 volts, suivant les lampes. En plus des lampes 1,4 volt américaines pour les postes portatifs (surtout O.T.C.) on a créé des types chauffés sous 0,7 volt (2 en série sur un seul élément de pile 1,5 volt).

2° *Les batteries de haute tension (45, 90, 103 et 150 volts) à capacité relativement faible, nécessaires pour le circuit plaque des lampes.*

En effet, la consommation de courant plaque pour deux lampes émettrices peut varier entre 20 et 50 milliampères. La consommation de courant plaque pour les trois lampes d'un récepteur atteint 15 milliampères. La tension varie entre 45 et 150 volts (*postes portatifs*).

D'où la différence totale de caractéristiques entre les piles BT et les piles HT.

I. — PILES BASSE TENSION (CHAUFFAGE)

De 1,4 à 4,5 volts. Durée de décharge : 40 à 60 heures.

Constitution : Les éléments sont du type « amorçable », soit par remplissage d'eau (types Hydra et similaires), soit par remplissage de solution de sel ammoniac (types anciens). — Le paragraphe 320 *bis* renseigne sur cette opération de l'amorçage. — Les piles des petits appareils compacts sont du type sec.

II. — PILES HAUTE TENSION (PLAQUE)

De 45 volts à 150 volts, batteries d'éléments série,

Débit : 20 à 50 milliampères selon les types.

Constitution : à éléments agglomérés, amorçables (voir paragraphe 320 *bis*) ou du type sec.

Des modèles, de tension 150 volts, équipent par exemple les dispositifs d'alimentation de secours dit « boîte-piles » des appareils émetteurs-récepteurs pouvant aussi recevoir une alimentation par accumulateurs BT et convertisseur HT. Ils sont munis d'une pile à 90 volts qui sert de tension plaque « réception », la pile 150 volts servant de tension plaque « émission ».

Le débit maximum assuré est de 20 milliampères.

320 *bis*. — Amorçage des piles. — 1° PILES BASSE TENSION TYPES HYDRA OU SIMILAIRES. — Les électrodes sont placées dans leur bac; il ne leur manque que l'électrolyte. Mais des galettes de sel ammoniac (chlorure d'ammonium) sont aussi placées à l'intérieur du bac, ainsi qu'une matière gélatineuse.

Il suffit de verser de l'eau pure, lentement, de façon à mouiller la galette. L'électrolyte se forme en gelée. On laisse reposer pendant un quart d'heure. Puis on ôte du bac l'excès de liquide. Si la batterie est ancienne. on peut mettre un peu de sel ammoniac dans l'eau.

2° PILES BASSE TENSION TYPES ANCIENS. — Les électrodes sont placées dans leur bac, avec du coton hydrophile. *On verse lentement une solution de sel ammoniac, 300 grammes par litre d'eau.* On laisse imprégner un quart d'heure, puis on ôte du bac l'excès de liquide.

3° PILES HAUTE TENSION A ÉLÉMENTS AGGLOMÉRÉS DITES PILES ELER. — Nous avons décrit leur constitution exacte au paragraphe 52 de cet ouvrage. La figure 301 montre une batterie de ce type moins utilisé, depuis la vogue des piles sèches très compactes décrites aussi par nous dans le même paragr. 52.

Voici comment on en réalise l'amorçage.

Le bloc (ou les deux blocs accolés) est sorti de l'étui isolant, le papier qui l'enveloppe ôté, le bloc est placé sur une claire-voie. Au-dessus s'aperçoivent les éléments, côté rouge. Une solution de 300 grammes de sel ammoniac par litre d'eau est préparée. On la verse sur le dessus des éléments, de très près, afin de ne pas éclabousser, on doit promener le jet d'abord sur toute la longueur d'un bloc, puis de l'autre, puis revenir lentement sur tous les points. Il faut éviter de former une nappe de liquide recouvrant les deux blocs à la fois, car cela met la pile en court-circuit.

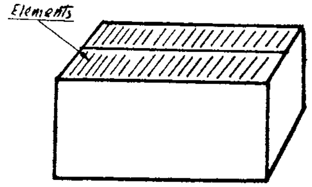


Fig. 301

Croquis d'une batterie de piles « bloc » Eler à éléments agglomérés pour tension plaque. Le bloc est sorti de son étui et est prêt à être amorcé.

Lorsque le liquide commence à suinter par dessous, de *tous* les éléments (vérifier ceux des extrémités) on arrête de verser, on secoue le bloc et, après l'avoir essuyé soigneusement dessus et dessous, on le place debout pour sécher pendant deux à trois heures.

Le papier isolant est replacé et la pile remise dans son étui, prête à servir.

321. — Caractéristiques des batteries d'accumulateurs employées. — Nous rappelons que l'étude complète des accumulateurs, de leur fonctionnement et de leur entretien a été faite dans les paragraphes 57 à 67 de cet ouvrage. Nous insistons particulièrement sur les conseils relatifs *à leur entretien* (paragraphes 66 et 67).

Les batteries d'accumulateurs employées sont de quatre types principaux :

Les batteries de basse tension (6, 12 *ou* 24 *volts*) *et grande capacité* (60 *à* 160 *AH*) *assurant le chauffage des lampes, pour les installations de bord.*

En plus du chauffage des lampes, elles assurent le fonctionnement d'un convertisseur (groupe moteur-dynamo) qu fournit la haute tension (alimentation plaque).

La figure 302 donne le schéma de principe du branchement d'un convertisseur avec l'accu qui l'alimente.

Les batteries de basse tension des postes légers, 2 à 6 volts, qui assurent le chauffage des tubes, et alimentent un vibreur HT. Capacité : 50 à 100 AH. *Exemple :* l'accu BB54 de 2 volts, 50 AH pour le récepteur de l'ensemble SCR 593 pour véhicules militaires légers.

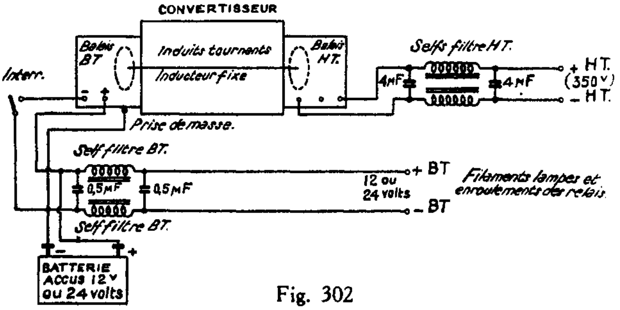


Fig. 302

Schéma de branchement d'un convertisseur mis en mouvement grâce au courant fourni par un accu basse tension et produisant par cette rotation un courant **haute tension de 350 volts. Les convertisseurs sont surtout réalisés sur 12 et 24** volts.

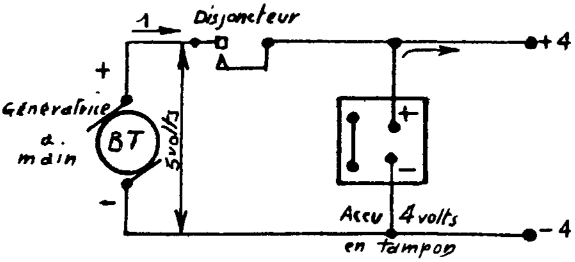


Fig. 302 *bis*

Principe de fonctionnement de l'accu-tampon. Quand la génératrice à main est arrêtée, l'accu fournit lui-même la tension aux bornes +4 —4. Le courant ne peut revenir en arrière vers la génératrice, car le disjoncteur coupe le circuit. Dès que la machine tourne assez vite pour produire plus de 4 volts, la rotation maintient le disjoncteur en contact. L'accu se charge en même temps qu'il débite vers les bornes +4 —4.

Les batteries de basse tension (4 *volts et* 6 *volts*) *et faible capacité* (7,5 *à* 10 *AH*) *qui assurent le chauffage des lampes en union avec une machine à main qui les maintient en charge pendant sa rota-*

tion (fonctionnement en accu-tampon pour l'émission) *l'accu débitant seul lorsque la machine est arrêtée* (pour la réception).

La figure 302 *bis* donne le schéma de principe du fonctionnement en accu-tampon.

3° *Les batteries de haute tension* (40 *ou* 80 *volts*) *et capacité assez faible* (3 *AH*) *qui peuvent assurer l'alimentation plaques des lampes de réception* (*d'emploi rare désormais, grâce aux systèmes vibreur-transfo*).

I. — ACCUMULATEURS BASSE TENSION POUR LE CHAUFFAGE DES FILAMENTS

TYPE 6 VOLTS 100 AH AU PLOMB. — Equipe les émetteurs récepteurs dont les lampes sont prévues pour 6 volts.

3 éléments de 2 volts en série, capacité 100 ampères-heure, régime normal de décharge : 2 ampères maximum; durée de décharge approximative : 35 heures.

Ils sont parfois maintenus chargés grâce au branchement en accu-tampon (fig. 302 *bis*) la génératrice qui les soutient étant alors la machine 6 volts-500 volts, qui donne par ailleurs le courant HT (sous 500 volts) aux lampes émettrices du poste, ou étant une dynamo de bord.

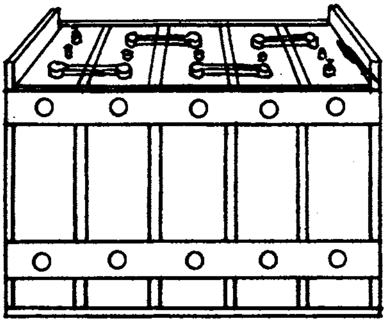


Fig. 303
Batterie 6 volts 95 AH au cadmium-nickel.

TYPE 6 VOLTS 95 AH AU CADMIUM-NICKEL. — Même usage que les types 6 volts 60 AH et 6 volts 100 AH au plomb.

5 éléments de 1,2 volt en série : capacité : 95 ampères-heure; régime de décharge : 2 A.

Durée de décharge approximative : 50 heures.

Les bacs des éléments sont d'acier (fig. 303).

TYPE 6, 12 OU 24 VOLTS 160 AH AU PLOMB. — Equipent les

appareils montés sur voitures, alimentent le chauffage des lampes et peuvent alimenter en même temps le convertisseur HT qui par sa rotation donne la tension plaque.

3, 6 ou 12 éléments de 2 volts en série, au plomb, capacité 160 ampères-heure; régime normal de décharge : 5 ampères maximum; durée de décharge appromative : 35 heures.

II. — ACCUMULATEURS BASSE TENSION MONTES EN ACCUS-TAMPONS

TYPES SAFT 4 VOLTS OU 6 VOLTS 7,5 AH AU CADMIUM-NICKEL.

3 ou 4 éléments de 1,5 volt en série, capacité 7,5 AH. Débit normal en décharge : $0^{A}180$ sur les lampes réceptrices. Pendant l'émission, il chauffe les lampes émettrices, mais en accu-tampon (schéma fig. 301), le collecteur 5 volts de la machine à main l'alimentant avec conjoncteur-disjoncteur coupant le circuit dès que le courant risque de s'inverser (à l'arrêt de la machine à main ou lorsque sa vitesse faiblit). Le conjoncteur-disjoncteur est à fonctionnement mécanique commandé par la rotation de la machine.

Ces accumulateurs sont robustes et légers. Ils sont aussi utilisés à la fois pour le chauffage émetteur et récepteur, et l'alimentation d'un vibreur donnant la HT par un transfo, mais la tension est peu constante dans ce type d'accu.

III. — ACCUMULATEURS HAUTE TENSION

TYPE 40 VOLTS 3 AH. — Assurent l'alimentation plaque des lampes de réception.

Soit 20 éléments de 2 volts au plomb, soit 32 éléments de 1,2 volt au cadmium-nickel; capacité : 3 ampères-heure: débit normal en décharge : $0^{A}030$ maximum. Durée de décharge approximative : 120 heures.

TYPE 80 VOLTS 3 AH AU CADMIUM-NICKEL. — Assurent la tension plaque des lampes réceptrices.

64 éléments de 1,2 volts au cadmium-nickel : capacité : 3 ampères-heure; débit normal en décharge 0 A 030 maximum; durée normale de décharge : 100 heures de service.

322. — Recharge des batteries d'accumulateurs. — Dès que la tension des accumulateurs tombe en-dessous des 9/10^{e} de leur tension nominale (exemple : 3v.6 pour un accumulateur de 4 volts), ils doivent être rechargés.

Le paragraphe 62 de cet ouvrage (partie « Electricité ») a donné

toutes indications sur les règles rigoureuses à observer pour la charge des accumulateurs.

Nous y avons indiqué les indices de fin de charge et de décharge (valeur de la tension, densité de l'électrolyte, etc.). Revoyez donc nos conseils paragr. 62.

Nous tenons à signaler le dispositif simple employé sur les accus militaires anglais et basé sur la densité de l'électrolyte :

3 billes de poids différent sont dans les bacs, une rouge et deux blanches. Lorsqu'elles flottent toutes les trois, la batterie est complètement chargée; quand la rouge et une blanche flottent seules, la batterie est encore chargée aux trois quarts; quand la rouge flotte seule, la batterie est à moitié chargée; quand elles sont toutes trois au fond, la batterie est déchargée.

Dans la batterie BB54, 2 volts, 50AH des SCR 593, la signification est la même, mais au lieu de deux billes blanches, il y a une verte et une blanche. La verte s'enfonce la première pour une décharge de 10 %.

En pratique, la recharge des batteries s'effectue :

1° SOIT A PARTIR DU SECTEUR ÉLECTRIQUE, lorsqu'une installa-

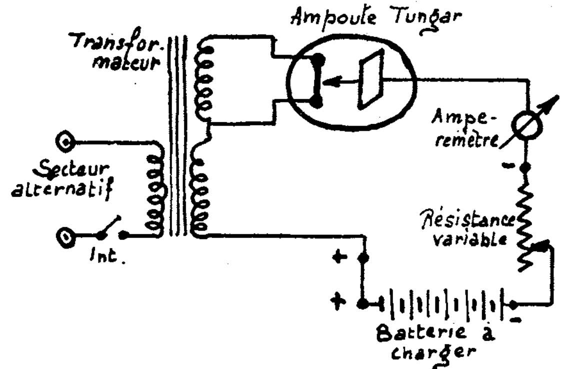


Fig. 304

Tableau de charge d'accumulateurs à « ampoules Tungar ». On règle la résistance variable de façon à lire à l'ampèremètre la valeur d'intensité de charge choisie (1/10 au maximum de la capacité en AH de la batterie).

tion fixe est disponible; si le courant du secteur est alternatif, un redresseur du type « Tungar » (voir paragraphes 201 et 244) (valve à atmosphère d'argon) ou du type valve à vapeur de mercure est adopté. La figure 304 donne le schéma complet d'un tableau de charge à redresseur « Tungar ».

Nous rappelons que le passage du courant (dans le seul sens admis par la valve, sens plaque-filament, provoque l'illumination de l'ampoule par suite de l'ionisation du gaz (lueur violette dans le Tungar, bleue dans les valves à vapeur de mercure).

On utilise aussi des valves à vapeur de mercure sans filament dites « à cathode froide ». Le schéma complet du tableau de charge avec une telle valve est indiqué en figure 305.

On peut aussi utiliser un convertisseur, c'est-à-dire un groupe moteur-dynamo, dont le moteur est branché sur le secteur alternatif et dont la dynamo fournit le courant continu désiré. La figure 306 donne le schéma complet de ce dispositif.

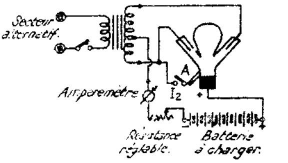


Fig. 305

Tableau de charge d'accumulateurs à lampe à vapeur de mercure dite « à cathode froide ». La cathode est sans filament; elle est constituée par la nappe de mercure fournissant la vapeur. A la mise en marche, il faut basculer légèrement l'ampoule pour amorcer l'arc dans la vapeur de mercure, on ouvre ensuite l'interrupteur I_2 et l'arc continue à jaillir des électrodes supérieures. On règle la résistance variable de façon à lire à l'ampèremètre la valeur d'intensité de charge choisie (1/10 au maximum de la capacité de la batterie en AH).

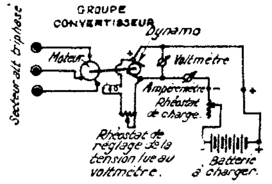


Fig. 306

Tableau de charge d'accumulateurs à convertisseur. Le rhéostat de charge est réglé de façon à lire à l'ampèremètre la valeur d'intensité de charge choisie (1/10 au maximum de la capacité de la batterie en AH).

2° Soit a partir d'un groupe électrogène. — Un moteur à essence ou à huile lourde (Diesel) entraîne une dynamo à courant continu (voir paragr. 324 *bis*).

Exemple : Le groupe électrogène type D de l'armée peut fournir 15 ampères sous 25 volts et $3^{A}15$ sous 115 volts.

On utilise les groupes au maximum en chargeant à la fois plusieurs batteries *de même type* montées en série ou en parallèle.

Exemple : Sur le groupe électrogène type D on peut brancher sur le circuit 25 volts :

2 groupes de 5 batteries de 4 volts 60 AH montées en série, ces 2 groupes étant placés en parallèle.

On a ainsi : tension de l'ensemble 5×4 : 20 volts.

Courant de charge pour les 2 groupes $6\,A \times 2 = 12$ ampères, si l'on charge en dix heures ($\frac{60}{10} = 6\,A$).

Sur le circuit 115 volts, on peut brancher par exemple 2 batteries de 40 volts 3 AH en série, ou une de 80 volts 3 AH. La figure 307 donne le schéma du tableau de charge complet réalisé avec groupe électrogène.

323. — Générateurs employés : machines à main et convertisseurs. — En étudiant dans la partie « électricité » de cet ouvrage les générateurs mécaniques de courant électrique, magnétos et dynamos, nous avons consacré un chapitre spécial à l'étude du fonctionnement de *l'entretien* et de la *vérification* des générateurs. Nous recommandons aux Radios de s'y reporter (paragraphe 116).

Une goutte d'huile toutes les 300 heures de service sur les paliers des convertisseurs sera utile ou mieux : garnir de graisse les chapeaux coiffant les roulements.

Voici les caractéristiques des types générateurs à main ou à pédale les plus employés.

Machine a main ou a pédale 6-250 volts. — Elle fournit d'une part, la tension 250 volts aux plaques des lampes émettrices, d'autre part, la tension 6 volts aux bornes de l'accu-tampon qui

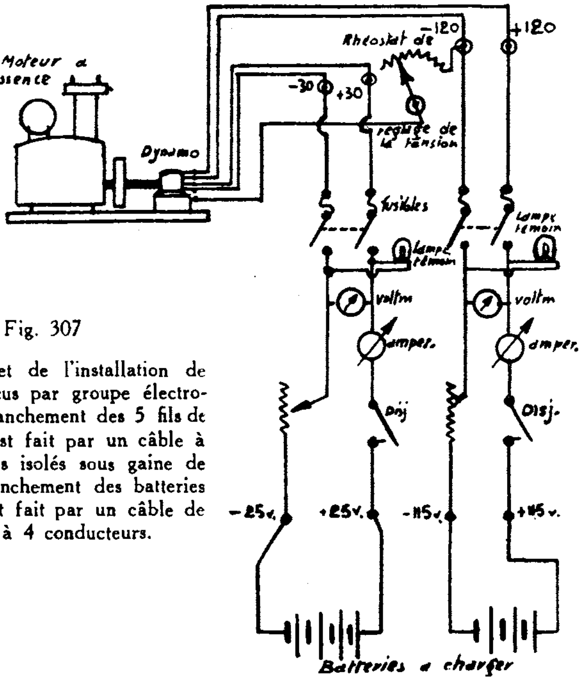


Fig. 307

Schéma complet de l'installation de charge d'accus par groupe électrogène. Le branchement des 5 fils de la dynamo est fait par un câble à 5 conducteurs isolés sous gaine de cuir. Le branchement des batteries à charger est fait par un câble de même genre à 4 conducteurs.

fournira avec elle les 6 volts de chauffage aux lampes émettrices, et seul, les 6 volts de chauffage aux lampes réceptrices (schéma étudié à la figure 301).

La machine à main ne tourne donc que pendant l'émission.

Deux induits : HT : 250 volts avec débit possible 50 milliampères; BT : 5 volts avec débit possible $0^{A}6$, ou un type différent : 6 volts avec débit possible $0^{A}5$.

Un filtrage du courant haute tension produit est réalisé par une self de filtre et deux condensateurs au papier de 2 microfarads (fig. 308).

Machine a main 6-500 volts. — De beaucoup plus importante que la précédente, montée sur trois pieds et mue par deux hommes au lieu d'un (deux manivelles décalées de 120° sur leur axe).

Deux induits : HT : 500 volts pour les plaques des lampes émettrices; BT : 6 volts pour les filaments des lampes émettrices, souvent avec accu-tampon interposé (schéma de la figure 301).

Le filtrage du courant haute tension est réalisé par une self de filtre et deux condensateurs de 2 à 4 microfarads, à l'entrée de l'émetteur.

Convertisseurs. — Le convertisseur est un ensemble moteur dynamo. Un induit reçoit le courant BT (6 volts, 12 volts ou 24

volts) et tourne. Un autre ou plusieurs autres induits à fil fin sont entraînés par la rotation, étant bobinés sur le même noyau. Leur rotation détermine aux bornes des collecteurs les tensions continues désirées. EXEMPLE : 300 volts, 400 volts, 1.000 volts.

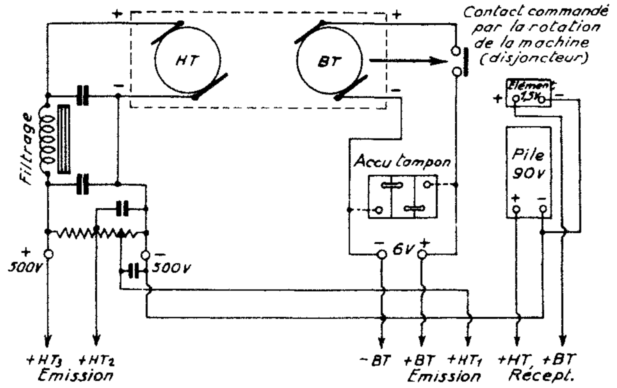


Fig. 308
Schéma complet d'un ensemble machine à main, accus-tampons de secours. L'inverseur est dans la position M (machine) pendant la marche normale de l'émetteur. Il est mis dans la position P (pile) seulement pour la mise au point de l'émetteur pendant la mise en service.

L'appareil est complété par des cellules de filtrage : le courant BT traverse des selfs à fer avec condensateurs fixes; le courant HT traverse de même des selfs à fer de plusieurs dizaines d'henrys, les composantes alternatives du courant sont dérivées par les condensateurs de filtrage de plusieurs microfarads. Ceux-ci doivent être prévus pour

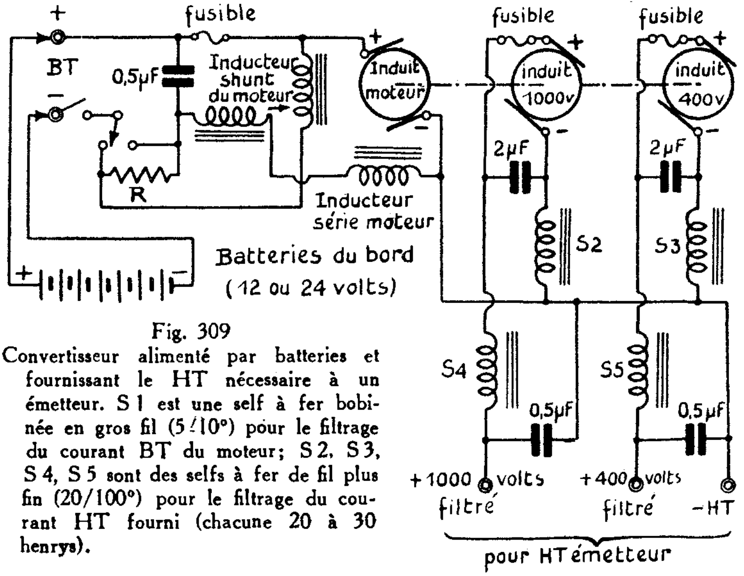


Fig. 309
Convertisseur alimenté par batteries et fournissant le HT nécessaire à un émetteur. S 1 est une self à fer bobinée en gros fil (5/10°) pour le filtrage du courant BT du moteur; S 2, S 3, S 4, S 5 sont des selfs à fer de fil plus fin (20/100°) pour le filtrage du courant HT fourni (chacune 20 à 30 henrys).

supporter des tensions au moins trois fois supérieures à la tension de service (soit 3.000 volts pour le convertisseur de la fig. 309).

Le convertisseur de la figure 309 comporte pour le démarrage un interrupteur commandé par électro-aimant (relais) qui enclanche en

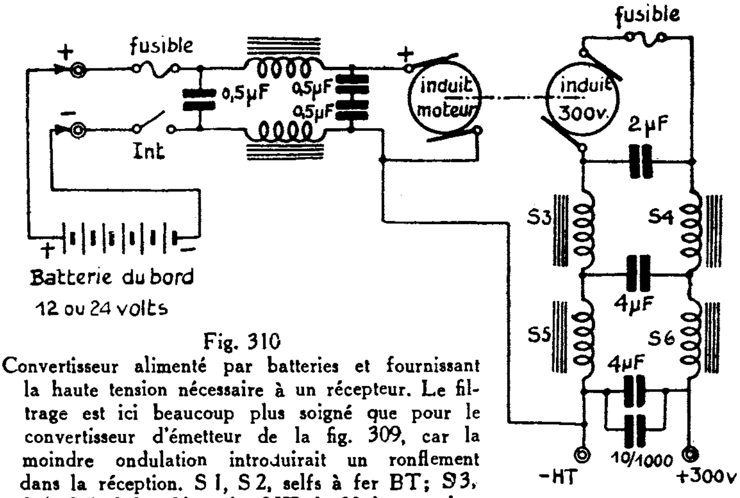


Fig. 310

Convertisseur alimenté par batteries et fournissant la haute tension nécessaire à un récepteur. Le filtrage est ici beaucoup plus soigné que pour le convertisseur d'émetteur de la fig. 309, car la moindre ondulation introduirait un ronflement dans la réception. S 1, S 2, selfs à fer BT; S 3, S 4, S 5, S 6, selfs à fer HT de 30 henrys chacune.

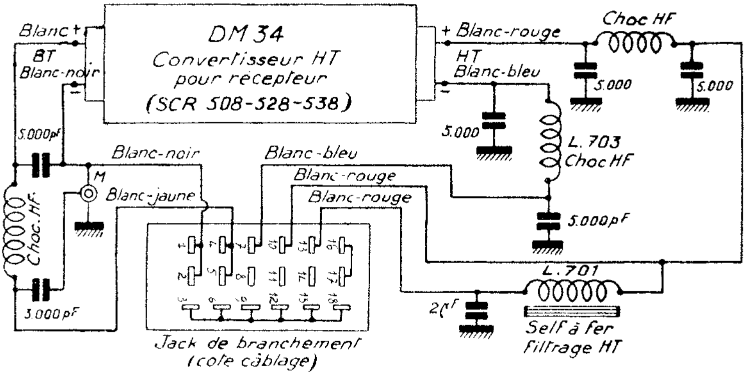


Fig. 310 *bis*

Schéma du convertisseur « dynamotor » D.M. 34 (pour batterie 12 volts) alimentant le récepteur B.C. 603 des ensembles S.C.R. 508-528-538 des chars d'assaut.

Voici comment correspondent les broches du jack, une fois reliées par le câble au récepteur et à la batterie :

1) à la masse du récepteur;
2) retour de masse des filaments 6 V 6 (BF finale) et 6 SL 7 (antifading et squelch);
3, 4 et 5) vers + 12 volts à travers un fusible et l'interrupteur général.
7) — HT, polarisé négativement par rapport à masse du récepteur (50 ohms entre — HT et masse);
9) porte le + 12 volts aux filaments 6 H 6 (diode dét.) et 6 SL 7 (1re B.F. et osc. M.F.);

10) + H.T. vers transfo de sortie et, par lui, à la plaque B.F. finale;
12) porte le + 12 volts aux filaments 6 AC 7 (mélangeuse) et 6 AC 7 (limiteuse M.F.);
13) + H.T. filtre, pour les circuits plaques et écrans des tubes sauf plaque B.F. finale.
15) porte le + 12 volts aux filaments 12 SG 7 (1re M.F.) et 12 SG 7 (2e M.F.).

Note 1. — Les points de retour de masse dans la chaîne des filaments font que les filaments 6 volts se trouvent montés par deux en série, et les filaments 12 volts se trouvent chacun entre + 12 et masse.

Note 2. — Le jeu des connexions entre les broches du jack est fait pour permettre l'alimentation correcte des filaments sur 12 ou sur 24 volts selon le jack employé, grâce aux combinaisons différentes des liaisons de broches.

deux temps; en 1, une résistance est en série avec l'induit, ce qui diminue la vitesse de démarrage; en 2, l'induit est directement branché dans le circuit.

Le convertisseur de la figure 309 est à champ magnétique produit par une excitation *compound* (un inducteur série plus un inducteur shunt. - Revoir en électricité, premier volume, les paragr. 117 à 119). Le convertisseur de la fig. 310, moins puissant, a simplement un aimant permanent.

TABLEAUX D'ALIMENTATION SECTEUR. — Les figures 311 et 312 donnent les schémas d'alimentation d'un émetteur et d'un ré-

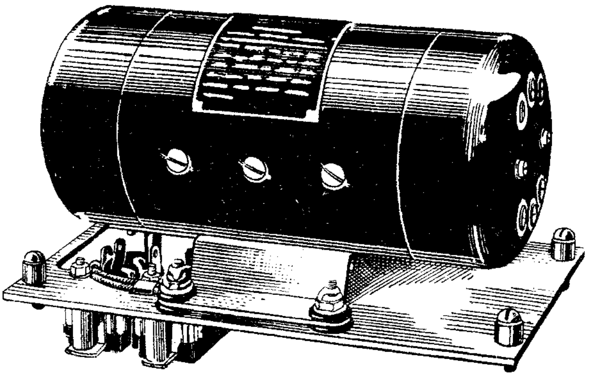


Fig. 310 *ter*.

Convertisseur DM-35 — ou convertisseur DM-37 — des installations SCR 508-528-538 sur chars d'assaut. Le modèle ici représenté est celui donnant 625 volts pour la tension plaque de l'émetteur. Ces convertisseurs émission ne doivent pas tourner plus de 5 minutes. Les convertisseurs pour la H.T. réception qui donnent 200 volts peuvent tourner en permanence. Alimentation sur batteries 12 ou 24 volts selon le type. Ces convertisseurs ont un collecteur à chaque bout : B.T. et H.T. Ils ont l'inducteur bobiné en shunt aux bornes du collecteur B.T.

cepteur faites à partir du secteur alternatif 110 à 240 volts, 25 à 50 périodes. Ces alimentations concernent les stations fixes ou semi-fixes. Elles permettent aussi le branchement pour mise au point ou dépannage à terre des postes de bord.

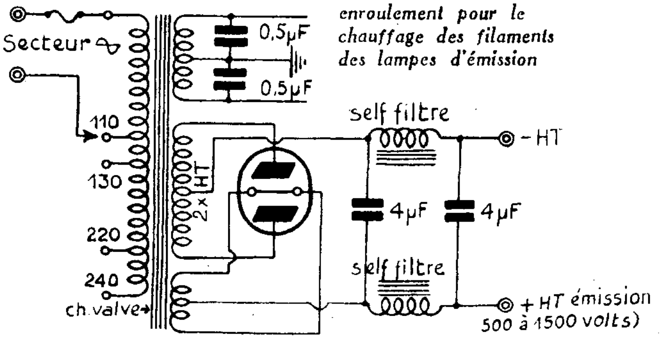


Fig. 311

Alimentation secteur pour émetteur à lampes à chauffage indirect. Pour une HT de 500 volts, la valve sera une 83 à vapeur de mercure, débit 200 milliampères, ou une 5X4, débit 250 milliampères; le transfo donnera 2 × 550 volts et 5 volts pour le ch. valve. Pour une HT de 1.500 volts, la valve sera, par exemple, chauffée sous 17 volts et le transfo donnera 2 × 1.700 volts, 600 milliampères.

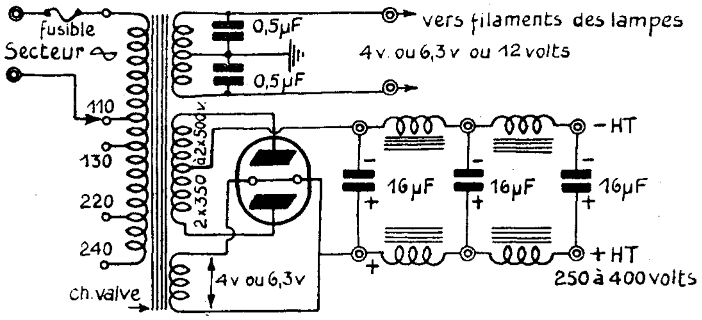


Fig. 312

Alimentation secteur pour récepteur à lampes à chauffage indirect. La valve peut être du type 5X4 chauffée sous 5 volts, ou du type 83 à vapeur de mercure.

ALTERNATEURS. — Nous avons vu que les émetteurs de télégraphie modulée B41K par exemple, sont alimentés aux plaques par un alternateur de fréquence 600, 800 ou 1.000, ce qui module l'onde émise. Nous renvoyons aux schémas de ces appareils pour les renseignements sur cette alimentation (paragr. 187 et 286).

323 *bis*. — Haute tension à partir de la basse tension par vibreur et transfo. — Cette méthode est très employée pour les émetteurs-récepteurs portatifs, en valise. Nous en avons dit le principe au paragr. 275. La fig. 312 *bis* donne le schéma d'une alimentation complète. La tension de 6 volts de l'accu va directement aux bornes BT pour servir au chauffage des lampes de l'émetteur ou du récepteur, avec simplement une self de choc à traverser (dans le + 6) et un condensateur de 0,1 μF pour découplage.

Cette tension de 6 volts sert aussi à chauffer le filament de la valve, *filament indépendant de la cathode qu'il échauffe*, ceci est à noter. On peut d'ailleurs se passer de valve en utilisant des redresseurs secs oxydes-cuivre (paragr. 201) ou au sélénium. Par ailleurs, le 6 volts traverse l'enroulement de l'électro-aimant du vibreur lorsque le contact est fermé par la palette appuyant sur son siège. La

palette attirée, puis relâchée aussitôt la coupure du contact, vibre, tout comme un marteau de sonnette électrique. Mais elle porte une masselotte *m* qui fait contact tantôt avec c_1, tantôt avec c_2. La tension de 6 volts qui était continue,

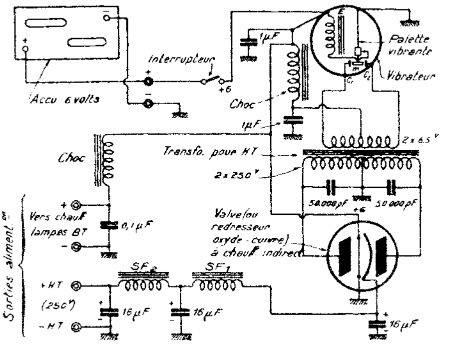


Fig. 312 *bis*

Schéma d'une alimentation BT et HT complète à partir d'un simple accu de 6 volts, grâce au vibrateur. On peut obtenir jusqu'à une HT de 500 volts par ce procédé (dans ce cas, avec deux redresseurs en doubleurs de tension).

est donc appliquée de façon intermittente à l'enroulement 2 × 6,5 volts qui est bien parcouru par un courant *variable*. Puisqu'il s'agit de courant variable, il y a tension induite et le transformateur fonctionne comme s'il était attaqué par un courant alternatif ordinaire.

323 *ter.* — Exemple : **Alimentation complète par piles ou vibreur HT des postes portatifs à modulation de fréquence SCR 609 et 610.**

Le SCR 609-A étant vraiment portatif, il possède une boîte « piles » comprenant : une pile BA 27 (1,5 volt) de 360 g., deux piles BA 40 (90 volts pour HT récept.) et BA 39 (150 volts pour HT émission). La pile BA 41 pour polarisations se trouve dans l'émetteur-récepteur. Les piles tiennent en place par sangles et ressorts.

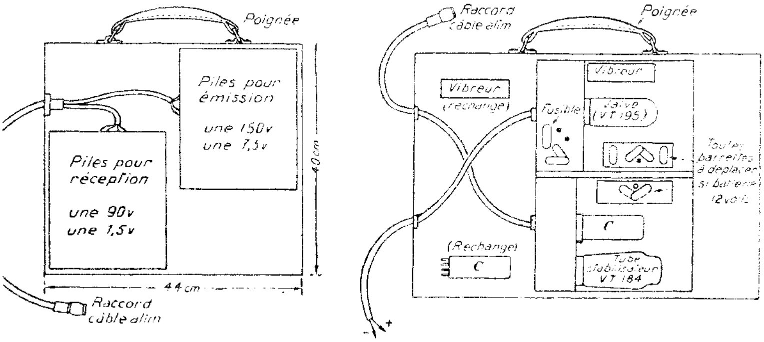


Fig. 312 *ter.* — *Alimentation SCR 609 et SCR 610.*

A. — Exemple de boîte à piles.

B. — Exemple de boîte alimentation plaque.

Les consommations sont :

en réception 0,95 A sous 1,5 volt et 48 mA sous 90 volts.

en émission 0,3 A sous 7,5 volts et 50 mA sous 150 volts.

Le SCR 610, sur voiture, a une alimentation HT par vibreur, en boîte séparée. Il consomme :

sur batterie 6 volts : 2,7 ampères (17 watts) en réception et 3,25 ampères (20 watts) en émission.

sur batterie 12 volts : 2,25 ampères (28 watts) en réception et 2,6 ampères (32 watts) en émission.

Les connexions sur 6 ou 12 volts se font par barrettes intérieures à déplacer. Le vibreur et le condensateur électrolytique sont interchangeables, sur broches (fig. 312 *ter*).

324. — Equipement complet d'alimentation d'un émetteur-récepteur. — Câbles de jonction et fiches de branchement.

Alimentation station fixe SFR AS-59. — Nous allons donner tout d'abord en exemple l'alimentation d'une station fixe de 200 watts-antenne, l'émetteur SFR AS-59 que nous avons étudié au paragr. 289.

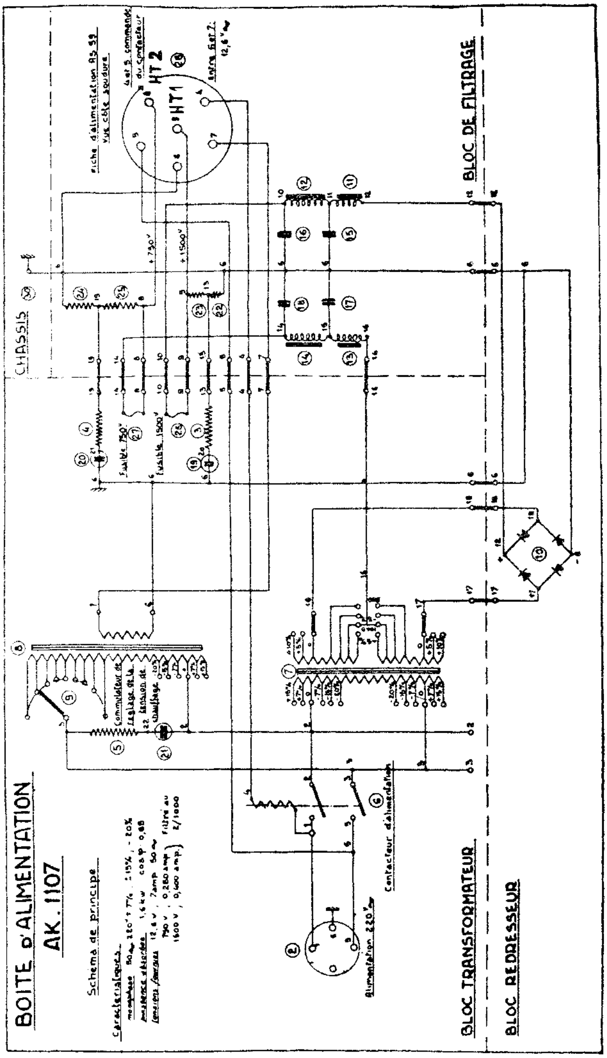


Fig. 313

Schéma de l'alimentation de l'émetteur S.F.R. AS-59.

La fig. 313 donne le schéma de la boîte d'alimentation (AK 1107) qui délivre : 12,6 volts alternatifs pour le chauffage des lampes de l'émetteur (1.500 volts continus (HT1) pour les circuits plaque de l'émetteur, et 750 volts continus (HT2) pour les circuits plaques de l'ampli BF de modulation.

Le redressement est effectué, non par des valves, mais par un oxymétal (voir redresseur paragr. 201) à 4 cellules montées en pont. Les broches 4 et 5 de la fiche de branchement de câble de jonction servent à conduire le circuit d'entrée du secteur 220 volts 50 pér./s. jusqu'au contacteur de commande « arrêt-marche ».

Les tensions *négatives* de polarisation des lampes sont créées, non dans ce coffre d'alimentation uniquement BT et HT, mais dans le coffre de l'émetteur même. Pour cela, un transformateur y attaque un groupe de redresseurs secs en pont : la tension créée est de 200 volts, le + est réuni à la masse (— HT) et le — 200 volts se trouve donc être une tension négative disponible pour les polarisations. En fait, celles-ci sont prises sur les électrodes intermédiaires de tubes stabilovolts, afin d'être régulées (revoir paragr. 283 *bis*, en théorie).

ALIMENTATION STATION O.C.T. 4-8 M. SUR CAMION SADIR 2314. — Cette station a été étudiée au point de vue émission au paragr. 289. Au point de vue réception, la remorque du camion qui comprend standard téléphonique, termineur, système d'alternat automatique, liaison à un poste de commandement hors de la station elle-même, est équipée de récepteurs SADIR R 87 (à alimentation autonome) — voir paragr. 312 — et de récepteurs SADIR 2314 à super-réaction (voir paragr. 306). Le coffre d'alimentation (fig. 313 *bis*) ne contient aucun dispositif de filtrage : les selfs à fer HT et leurs condensateurs se trouvent à l'arrivée dans le coffre émetteur et dans le coffre modulateur.

Il y a lieu de remarquer sur la fig. 313 *bis* :

— *l'auto-transformateur* avec les multiples réglages de la tension pour adapter le secteur électrique, grossièrement d'abord, puis avec précision, par les commutateurs secondaires agissant spire par spire ou presque;

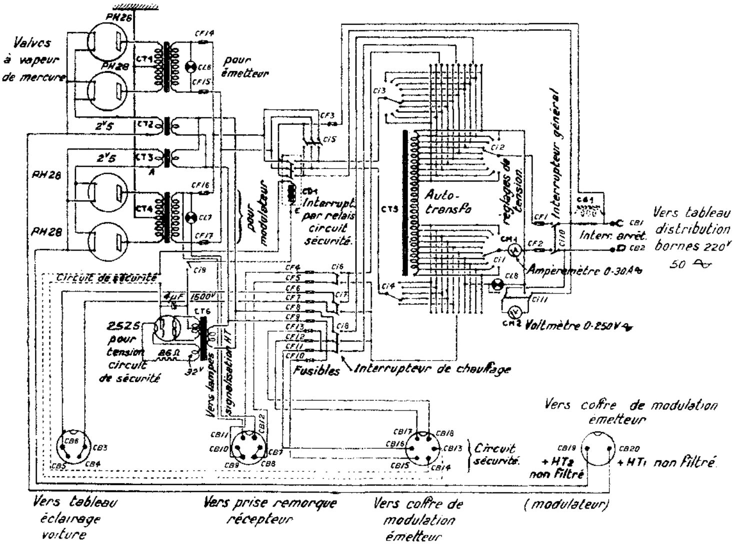


Fig. 313 *bis*

Schéma de l'alimentation de la station O.T.C. Sadir 2314.

— *les fusibles* sur tous les circuits (5 ou 10 ampères selon les cas);

— *les valves* PH 28, monoplaques, *à vapeur de mercure,* ce qui, par l'ionisation du gaz qui est à très faible pression dans l'ampoule, permet une régula-

risation de la chute de tension interne. Ces valves ont le branchement plaque au sommet de leur ampoule;

— *le circuit de sécurité :* la valve 25Z5 fournit une tension appliquée aux bornes de l'électro-aimant CD1, mais après avoir suivi une ligne (circuit en pointillé) qui va dans tous les services de la station camion et remorque. De multiples contacts (portes des coffres, relais de manque de polarisation dans le modulateur, etc.) sont en série dans cette ligne. Elle est coupée par toute manœuvre anormale, ou l'ouverture des coffres en fonctionnement. L'électro CD1 n'ayant plus de tension aussitôt la ligne coupée, cesse son attraction, ce qui coupe la haute tension de l'émetteur et du modulateur.

CABLES DE JONCTION. — Ils comportent les différents conducteurs isolés sous gaine cuir et gaine caoutchouc.

FICHES DE BRANCHEMENT. — Ce sont de robustes prises sous capuchon métallique avec dispositif de verrouillage une fois enfoncées dans leur logement. Un ergot empêche toute fausse position.

Les *installations à bord* (navires et avions) comporte de même entre batteries et convertisseurs, et entre batteries-convertisseurs et poste de commande, et entre poste de commande et émetteur et récepteur et amplificateurs BF, des câbles de jonction, à 5, 6, 8, 10 conducteurs selon le nombre de circuits. Les branchements sont faits par fiches femelles sur douilles mâles avec dispositif de verrouillage.

VÉRIFICATION DES TENSIONS D'ALIMENTATION. — Certains appareils, français ou alliés, comportent des voltmètres à poussoirs. C'est le milliampèremètre de contrôle de l'émission qui est branché automatiquement en voltmètre de sensibilité 6 volts, 80 volts ou 150 volts, suivant que l'on appuie sur le poussoir 6, 80 ou 150. Le circuit d'alimentation chauffage, le circuit + HT (tension plaque du récepteur), le circuit +HT2 (tension plaque de l'émetteur), sont connectés à chacune des prises « voltmètre », 6, 80 et 150. En enfonçant le poussoir, l'aiguille dévie et on lit aussitôt la tension réelle du circuit en question.

Dans les *installations de bord*, le voltmètre d'alimentation concernant la basse tension (chauffage filaments et moteurs des convertisseurs) est placé sur le poste de commande. Souvent, une lampe-témoin le double, et signale par son éclairement que, soit l'émetteur, soit le récepteur, sont branchés sur l'alimentation.

Les schémas d'émetteurs donnés dans les paragraphes 289, 292, 293, et les schémas d'alimentation de ce paragraphe 324 montrent les différents appareils de mesure en place :

— milliampèremètre de plaque;
— ampèremètres thermiques d'antenne;
— milliampèremètres pour le débit général à l'entrée de la HT dans le poste;
— voltmètre HT;
— ampèremètres alternatifs de mesure du débit général de l'installation :
— voltmètres alternatifs sur la tension d'entrée de l'alimentation.

324-2. — Alimentation complète des installations SCR 508 - 528 - 538 des chars d'assaut.

Nous avons étudié le principe et donné le schéma complet de l'émetteur (BC-604) au paragr. 293-5 et nous avons discuté la particularité essentielle du récepteur (BC603) au paragr. 315 *bis* (« squelch » en modulation de fréquence).

Les installations à bord de véhicules blindés comportent :

SCR 508 : deux récepteurs BC 603 plus un émetteur BC 604 plus un panneau de montage.

SCR 528 : un récepteur BC 603 plus un émetteur BC 604 plus un panneau de montage.

SCR 538 : pas d'émetteur, seulément un récepteur BC 603 plus un ampli téléphonique (dans les SCR 508 et 528, c'est le modulateur de l'émetteur qui en jouait le rôle si nécessaire), plus un panneau de montage.

Nous donnerons ces installations en exemple de « mise en service d'un ensemble E-R modulé en fréquence » au paragr. 333 *bis* de la 42e leçon. Nous allons ici nous occuper du problème de l'alimentation.

Ce sont les batteries du véhicule blindé qui forment la source d'alimentation générale : 12 ou 24 volts. Chaque appareil, émetteur ou récepteur, possède sa source d'alimentation HT, sous la forme d'un convertisseur tournant (voir figure 310 *bis*) alimenté à son induit « moteur » sur le 12 ou 24 volts de la batterie de bord.

Consommations totales (HT et BT) sur les batteries du bord :

pour un émetteur (BC 604)	20 A sur 12 volts (= 240 watts) 12 A sur 24 volts (= 268 watts)
(Sortie 30 watts-antenne).	
pour un récepteur (BC 603)	4 A sur 12 volts (= 48 watts) 2 A sur 24 volts (= 48 watts)
(sortie : 2 watts mod.)	
pour l'ampli téléphonique de bord (sortie : 2 watts mod.)	4 A sur 12 volts (= 48 watts) 3 A sur 24 volts (= 72 watts)

Convertisseurs tournants haute tension :

Le type DM 34 (pour 12 volts) ou DM 36 (pour 24 volts) alimente soit un récepteur BC 603, soit un ampli téléphonique, il lui fournit 200 volts continus et filtrés. L'inducteur est bobiné en shunt.

Le type DM 35 (pour 12 volts) ou DM 37 (pour 24 volts) représenté fig. 310 *bis* fournit à l'émetteur BC 604 une haute tension de 625 volts continus et filtrés.

L'inducteur est bobiné en shunt. Les induits HT et BT sont bobinés dans les mêmes rainures, mais aboutissent à deux collecteurs distincts, chacun à un bout de l'arbre.

Les paliers sont à roulements à billes à simple rangée, graissage par graisse fournie.

Des jacks à plusieurs contacts permettent la liaison par câbles aux appareils alimentés (voir, par exemple, pour le récepteur, en fig. 310 *bis* B).

Filtrage haute tension : la suppression de l'ondulation du courant HT, due au collecteur, est faite pour éviter le ronflement, par une simple self à fer L 701, avec condensateur de filtrage de 2 μF.

Mais la suppression des ondes parasites HF, créées par les étincelles aux balais est faite par des selfs de choc, sans fer, en série, avec condensateurs de 3.000 à 5.000 pF (fig. 310 *bis* B).

Filtrage BT : il s'agit des ondes parasites HF créées sur le collecteur BT; là aussi des selfs de choc HF avec condensateurs de 3.000 à 5.000 pF suffisent à les arrêter et les dériver.

Equipement d'entretien : ces alimentations des installations SCR 508-528-538 sont accompagnées de certaines fournitures : balais de rechange pour les convertisseurs, tous câbles et raccords, fusibles de rechange, et même 85 g de graisse pour paliers.

Des câbles à 13 conducteurs permettent de connecter ensemble récepteur, émetteur, ou ampli téléphonique pour leur marche en atelier, donc en dehors du « panneau de montage » qui les associe habituellement dans le char d'assaut ou l'auto blindée.

324-3. — Groupes électrogènes pour création du courant alternatif nécessaire à l'entrée de l'alimentation d'une station (sur camion, par exemple). — Hors de portée d'un secteur électrique alternatif, le groupe électrogène sur camion est la meilleure solution de l'alimentation pour les stations dont la puissance ne pourrait s'accommoder des simples accus du bord.

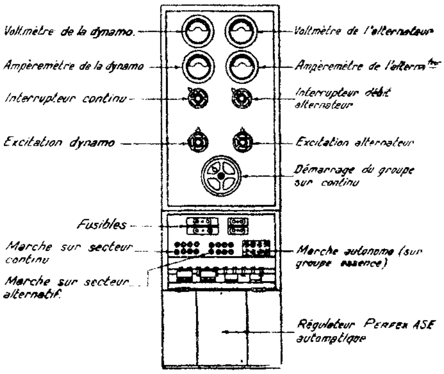


Fig. 313 *ter*

B, tableau de distribution placé dans le camion, pour la mise en service et le contrôle des alimentations de la même station.

Voici un commentaire d'une installation complète sur camion.

1 : Dynamo à courant continu 110 volts 30 ampères, type MC 4, excitation shunt. Elle est entraînée par le moteur Bernard et fournit la tension des inducteurs de l'alternateur. On peut aussi lui appliquer 110 volts continus d'un secteur électrique, et elle tourne alors en moteur, entraînant l'alternateur qui crée le 110 volts alternatif. Cela forme donc un groupe convertisseur dans ce cas particulier; le moteur Bernard est alors débrayé.

2 : Alternateur monophasé bipolaire 110 volts, 50 périodes, 25 ampères. Facteur de puissance : 0,7. Inducteur tournant, induit fixe. Inducteur excité sous 110 volts continus, 3,5 ampères par la dynamo voisine. C'est lui qui fournit la tension générale d'alimentation de l'émetteur. Il est sur le même arbre que la dynamo et que le moteur à essence poids lourds Bernard. La première l'entraîne si on la branche sur un secteur continu. Sinon, c'est le moteur à essence qui est chargé d'entraîner dynamo et alternateur.

3 : Moteur à essence Bernard W2, 16 CV, 1.200 tours-minute. — *4 :* Réservoir à essence de 12 litres. — *5 :* Robinet d'essence. — *6 :* Carburateur. — *7 :* Remplissage de l'eau. — *8 :* Manivelle de mise en marche. — *9 :* Interrupteur de la magnéto du moteur. — *10 :* Remplissage d'huile et vidange. — *11 :* Amortisseurs supportant l'ensemble.

Tableau de distribution : il permet la mise en marche générale, quelle que soit l'origine de l'énergie : secteur alternatif (pas de groupe), secteur continu (le groupe tourne en convertisseur cont. alt.), alimentation autonome (le Bernard entraîne le groupe).

Alimentations stabilisées. — Nous signalons l'étude de leurs circuits que nous avons faite, en théorie, au nouveau paragraphe 283 *ter*.

QUARANTE-DEUXIÈME LEÇON

LA PRATIQUE DES INSTALLATIONS ET LA MISE EN SERVICE DES APPAREILS

A ce point de notre ouvrage, l'opérateur Radio a une connaissance précise du matériel mis à sa disposition et possède tout le bagage technique nécessaire pour le comprendre, l'utiliser et l'entretenir. Les dernières leçons vont lui donner un enseignement pratique de sa mission : la pratique des radiotransmissions, puis nous terminerons par le dépannage.

325. — Choix du lieu et des conditions de trafic. — Les directives données ici ne concernent bien entendu que les installations pour le service en campagne, et aux colonies. Elles sont fonction du rôle que doit remplir le poste radio. La proximité du réseau de liaison (téléphone, station télégraphique - poste radio de portée différente ou appartenant à un autre réseau) ou la proximité de l'établissement, de l'agglomération ou de l'organisme desservi, commandent directement le lieu d'installation, sous forme d'ordres précis donnés à la station mobile par ses chefs.

Un poste Radio et ses équipiers sont des organes de liaison et sont toujours distincts du commandement comme des exécutants. Transmettre est leur tâche, et c'est donc d'après les uns ou les autres que leur emplacement est fixé.

Les terrains les plus divers, les différentes zones où le trafic peut être à assurer : forteresse, tranchées, campagne, agglomération, entraînent autant de cas et de solutions différents.

Nous laissons de côté ces problèmes. Une fois qu'ils sont résolus par l'autorité compétente, le chef de poste Radio conserve une initiative certaine quant à l'emplacement *précis* de l'installation.

LES MOBILES TECHNIQUES qui doivent le guider seront :

1° *Le dégagement :* L'installation, et en particulier l'antenne, doit être placée de préférence *en crête* lorsque le terrain est accidenté, à l'écart des arbres et surtout des forêts, à l'écart des murs élevés (habitations, usines, murs d'enceinte). Le voisinage immédiat des constructions de ciment armé doit être évité.

On peut cependant camoufler le véhicule porteur dans un bosquet, mais l'antenne ne doit toucher ni branches, ni feuilles.

Il faut retenir que du « dégagement » de l'installation dépend la *portée* obtenue (du simple au double), et la clarté des transmissions.

Avec des appareils portatifs fonctionnant sur O.T.C., il y a lieu de veiller plus encore au dégagement si la portée doit excéder 1 km.; l'antenne (de 1 mètre de haut) est peu visible, l'ensemble de l'installation en ordre de marche est réduit et portable (par un seul homme). Il y a donc lieu de ne pas hésiter à *surélever* le poste lorsque c'est possible. D'autre part, pour les appareils à ondes de l'ordre du mètre ou du centimètre (ondes ultra-courtes) il faut que le récepteur soit visible théoriquement du point d'émisssion. C'est le cas des dispositifs de détection dits « radars » pour batteries de DCA orientées automatiquement vers le mobile détecté, qui fonctionnent sur ondes centimétriques (voir paragr. 302-4).

2° *La protection du poste.* — Pour le poste de campagne à tente-abri prévue, cet abri peut être insuffisant, et du point de vue technique l'isolement de l'appareil et des boîtes d'alimentation est primordial. La proximité d'une meule de paille, ou d'un mur peut permettre en campagne d'adosser le poste, sous le vent. Les voitures-radio ont résolu automatiquement le problème et ont seulement à se camoufler, éventuellement.

3° *L'éloignement des lignes électriques de transport de force et des postes-transformateurs.* — Leur voisinage entraîne des troubles sérieux dans les transmissions : ronflements parasites, crachements. Pour les postes sur ondes métriques, éviter le voisinage des ponts à superstructures métalliques, les chevalets, les clignoteurs électriques de trafic routier, etc...

4° *Le choix du terrain* qui, sans être un mobile directement technique, aura une importance pratique sérieuse : l'enfoncement rapide des piquets d'attache des haubans de l'antenne; de plus, si l'installation doit être fixe ou semi-fixe, la recherche d'un sol déjà travaillé (champ cultivé) permettra l'établissement rapide d'une prise de terre convenable (sol meuble et facilement humidifié).

INSTALLATIONS GONIO. — Le dégagement des aériens est encore plus important.

Les systèmes à *cadre tournant* (voir paragr. 302) ont ce cadre situé en haut d'un mât au point le plus dégagé du lieu (en haut d'un immeuble, en haut d'un mât sur le toit du véhicule, de la cabine du navire, de la carlingue de l'avion). Les systèmes Adcook *à 4 antennes verticales* (paragr. 302-2) doivent avoir ces 4 aériens disposés exactement selon les 4 points cardinaux et être dégagés de toutes masses métalliques et obstacles, cela d'autant plus que la longueur d'onde est courte. Mêmes recommandations pour la gonio sur O.T.C. avec *aérien dipôle* (2 spires verticales) *tournant* (302 *bis*).

Revoyez les paragraphes précités au sujet des précautions à prendre (feeders enterrés, lignes téléphoniques de même, etc.).

326. — Installation rapide des antennes et contrepoids. — Les paragraphes 298, 299, 300, 301 nous ont enseigné les types d'antennes et contrepoids et prises de terre utilisés en cam-

pagne. Nous n'avons à considérer ici que la méthode d'installation correcte et rapide.

1° *L'antenne doit être orientée de préférence dans la direction opposée au poste à recevoir,* le poste principal du réseau (P.C.R.) lorsqu'il y a plusieurs correspondants. Pour une antenne en V, la bissectrice de l'angle formé par les branches en V donne la direction favorable, la pointe tournée vers le correspondant.

2° *Ni l'antenne, ni la descente d'antenne, ni le poste ne doivent jamais se trouver sous des lignes électriques de transport de force, mais ils doivent en être écartés d'au moins dix mètres.* Même un piquet d'attache de hauban doit être éloigné de cette distance.

L'éloignement des lignes électriques et des masses métalliques doit surtout être important s'il s'agit de l'installation d'une station gonio voir paragraphe 302 *bis*).

3° *L'antenne doit être reliée à la terre sitôt que le temps devient orageux* et le trafic suspendu. Des crachements intenses à l'écoute témoignent de l'état atmosphérique.

MONTAGE D'UN POSTE A ANTENNE UNIFILAIRE EN L. — Le poste est d'abord monté sur son trépied. A 3 mètres en avant, le même homme élève une des deux perches verticales; les haubans sont fixés à demeure sur celles-ci et enroulés autour d'elles. L'antenne enroulé sur un rouet est présentée par un deuxième aide, et son extrémité fixée au mousqueton du haut de la perche. L'antenne déroulée dans la direction indiquée par le chef de poste est de même fixée au haut de la deuxième perche tenue verticale, et l'antenne tendue.

La descente d'antenne et le contrepoids sont immédiatement branchés au poste, et le contrepoids déroulé sous l'antenne. Ensuite, le chef de poste va tendre les haubans et les fixer au sol en commençant par la perche la plus éloignée du poste.

Il ne reste qu'à brancher la boîte d'alimentation, les casques, et à abaisser le manipulateur.

MONTAGE D'UN POSTE A ANTENNE EN V. — La méthode est analogue à celle décrite ci-dessus. Toutefois, trois aides sont nécessaires. De plus, l'antenne étant de grandes dimensions, on couche la perche « tête du V » à terre, et l'on déroule les brins; chacun faisant un angle de 30° avec la direction indiquée par le chef de poste. Les deux perches d'extrémité des branches étant élevées par deux des aides (l'antenne attachée), et haubannées, la perche du sommet du V est relevée par le 3e aide, de façon à tendre les deux brins. On l'haubanne ensuite.

MONTAGE D'UNE ANTENNE ONDES MÉTRIQUES SUR VÉHICULE.

Nous avons montré au paragr. 300 de la leçon « Antennes » (fig. 278 *bis*) l'assemblage du mât d'antenne des SCR 610 sur l'embase fixée sur le véhicule (exemple Jeep). Voici un autre exemple :

Antenne verticale des SCR 508-528-538 *sur chars.* — Un couvercle de socle d'antenne est à enlever. Le mât en trois sections est assemblé, mis en place et verrouillé. Le câble de liaison à relier à la borne TR du panneau de montage dans le véhicule doit traverser le blindage par des isolateurs (jeu de différentes longueurs). Un fil de masse, à brancher entre la base du socle d'antenne et la gaine extérieure du câble co-axial doit être employé si la base d'antenne ne possède pas une prise spéciale pour câble co-axial.

Celui-ci n'est indispensable qu'au-delà de 60 cm de distance entre base d'antenne et panneau de montage.

En période d'attente, l'appareil est toujours en « Réception » (règlements militaires).

CONFORT DE L'OPÉRATEUR ET DE L'APPAREIL. — Il s'agit du confort relatif, mais indispensable, tant pour l'appareil que pour les documents (procès-verbal d'exploitation) que pour l'opérateur qui doit rester à l'écoute sans défaillances.

Une tente abri est parfois montée, en campagne. On commence par cette opération lorsque le temps est mauvais. Si une casemate peut abriter le poste, elle est utilisée. Tout abri précaire : auvent, mur, meule est utilisé pour protéger la tente-abri des intempéries.

Il faut toujours protéger le poste de la pluie, par une bâche. Il faut le manipuler avec précautions, ne pas s'en servir comme escabeau, etc...!!!

Les *installations avions* sont caractérisées surtout par le groupement des organes en un très petit espace, le manipulateur sous blindage à droite de l'opérateur.

Les appareils émetteurs sont souvent réglés avant l'envol sur la longueur d'onde de veille ou sur la longueur d'onde fixée pour la liaison en réseau.

Les avions à grand rayon d'action ont au contraire une installation d'écoute analogue en importance à celle des navires. Mais l'encombrement reste limité au minimum.

Un poste de commande principal groupe à proximité de l'opérateur principal d'avion les commandes : arrêt, émission, réception, graphie, phonie, graphie modulée, et la partie HF du récepteur (celle qui porte donc les circuits à accorder, donc le CV et son cadran, et la commande de sensibilité HF).

Les autres organes et notamment l'émetteur et son réglage peuvent donc être éloignés de l'opérateur, le changement de longueur d'onde d'émission nécessite seul un déplacement.

Les *installations à bord des navires* bénéficient d'un confort bien supérieur, surtout quant à l'espace. L'officier Radio a, pour l'écoute, un récepteur sur toutes gammes d'ondes, très étudié : appareil de trafic; le type est le superhétérodyne à 4 ou 5 étages d'amplification, avec dispositif oscillateur supplémentaire pour la réception des entretenues. Souvent un récepteur spécial ondes courtes est adjoint.

La cabine Radio du navire est souvent en même temps le logement permanent du ou des opérateurs qui sont ainsi toujours à pied d'œuvre.

327. — Mise en service du poste. — Nous avons, pour chaque catégorie d'émetteurs ou de récepteurs, donné avec la description du montage, les particularités du réglage, au cours des leçons de technologie (35^e, 37^e et 39^e leçons).

En prenant pour base un type d'appareil caractéristique de sa catégorie, nous allons donner les directives relatives à la mise en service de l'installation.

La mise en service proprement dite est indépendante du système de transmission adopté; nous n'aborderons donc pas la question du réseau dont peut faire partie ou ne pas faire partie le poste, sujet réservé au chapitre « Méthode d'exploitation d'un réseau ou trafics libres » traité dans les paragraphes 338 à 346.

Il y a lieu seulement de retenir comme base de travail :

1° *En réseau, le récepteur est le plus souvent à l'écoute d'un seul transmetteur, de longueur d'onde connue.* Dans les cas de trafic libre, et pour les services d'avions et de navires, l'écoute doit embrasser plusieurs émetteurs de longueurs d'ondes différentes, ou même de longueurs d'ondes inconnues. Chaque gamme d'ondes doit alors être explorée périodiquement par les organes de réglage.

2° *L'émetteur travaille normalement sur une seule longueur d'onde,* fixée à l'avance par instruction écrite, pour un ou plusieurs correspondants. Plusieurs gammes de service peuvent aussi être imposées, selon la nature des communications.

3° *L'émetteur-récepteur (graphie ou phonie) transmet souvent sur une seule longueur d'onde,* celle du « réseau », fixée à l'avance par instructions, et *reçoit normalement sur cette même longueur d'onde* les émissions des autres postes du réseau. Les cas de *trafic libre* imposent au contraire la condition d'écoute avec exploration des gammes d'ondes de service normal (EXEMPLE : Gamme des 600 mètres).

I. — MISE EN SERVICE D'UN POSTE SEMI-FIXE DE RADIO-TÉLÉGRAPHIE-TÉLÉPHONIE

328. — Installation comprenant : émetteur AS-59 SFR 200 watts-antenne sur O.C., récepteur RU 95 SFR sur toutes ondes. — Le premier de ces appareils (AS-59) a été étudié :

— pour les circuits d'émission, au paragr. 289 (nouvelle fig. 253);

— pour les réglages d'émetteurs pilotés, au paragr. 290, avec les systèmes d'écoute inter-signes;

— pour la commutation : arrêt-accord-graphie pures - graphie modulées - phonie, au paragr. 297-3.

— pour l'alimentation au paragr. 324 (fig. 313).

Le récepteur RU-95, SFR, a servi de type également pour nos études (paragr. 312, 313, 314 (filtres à quartz). Voyez notamment les fig. 294 et 294 *bis*.

Voici un mode d'exploitation de la station équipée d'un AS-59 émetteur SFR.

L'émetteur (fig. 314) est à fixer sur table par 4 tiges filetées. Le coffre alimentation placé au voisinage lui est relié par le câble de jonction, en s'assurant d'abord que l'émetteur est réglé sur « arrêt ».

L'antenne est branchée sur l'émetteur à la borne « A », la terre aux 2 bornes de masses latérales.

Secteur : 220 volts alternatifs 50 périodes, ou 110 volts, par branchement sur l'autocommutateur (voir schéma fig. 313). On mesure la tension secteur à l'aide d'un voltmètre alternatif du coffre d'alimentation, puis on l'ajuste exactement à 220 volts à l'aide des prises prévues de —20 % à + 15 %.

Ensuite on met l'émetteur sur « accord », et on vérifie que le voltmètre de tension filament a bien son aiguille sur le secteur bleu, sinon on ajuste le réglage prévu sur le coffre d'alimentation.

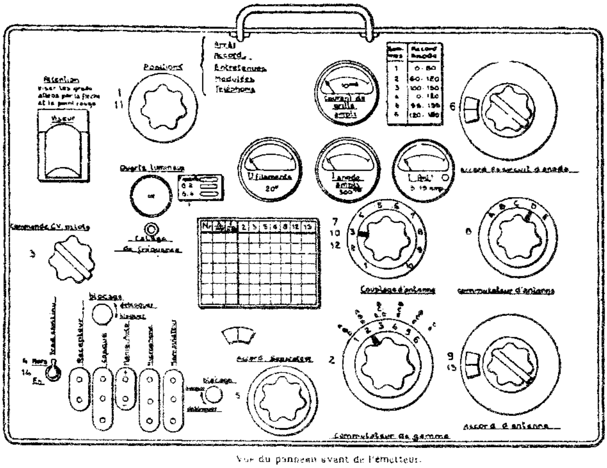


Fig. 314

Vue extérieure de l'émetteur AS-59 S.F.R., panneau avant.

Longueur d'onde d'émission. — Le poste possède une courbe d'étalonnage et un « lecteur de courbe », boîte où le graphique enroulé sur cylindres, est amené sur la longueur d'onde désirée par une manivelle. Les graduations correspondantes donnent : *la gamme de fréquences* par un chiffre noir; en vert les graduations limites entre lesquelles il faudra chercher l'*accord de l'étage séparateur:* et enfin la graduation exacte de réglage du tambour de l'*étage pilote.*

Toutes les commandes peintes en rouge concernent l'étage pilote;
Toutes les commandes peintes en vert concernant l'étage séparateur;
Toutes les commandes peintes en bleu concernant l'ampli HF;
Toutes les commandes peintes en jaune concernent les circuits d'antenne.

L'émetteur étant sur « accord », on met la gamme d'ondes désirée en service par le contacteur prévu (n° 2, fig. 314), on dévisse le blocage du tambour de l'étage pilote, on le règle sur la graduation, on revisse la vis de blocage.

On place ensuite le commutateur 4 (fig. 314) sur la position « en », ce qui équivaut à avoir le manipulateur abaissé, pour permettre le réglage.

On amène le réglage du séparateur (S) sur la plage de graduations désignée par la courbe d'étalonnage. L'accord anode est réglé alors pour obtenir le minimum de déviation au milli plaque, et en se basant sur le tableau à côté de la commande. Pour avoir un minimum franc on rectifie le contacteur d'antenne (8).

On règle le couplage d'antenne (7) sur la graduation 7. Puis on lit sur le contacteur de gammes 2 la lettre correspondant à la gamme en service, et on remet le contacteur d'antenne (8) sur la lettre en question. Le bouton d'accord (9) est alors réglé pour obtenir le maximum de courant d'antenne (I antenne fig. 314). Si on ne l'obtient pas facilement, on met le contacteur (8) sur l'autre lettre indiquée pour cette gamme d'ondes au contacteur (2). Il y a même une troisième lettre possible, sous les autres, pour un troisième essai.

Le couplage d'antenne (*10* et 7) est ramené sur la première graduation; on met le commutateur général (*11* et 1) sur « Entretenues » et on règle le couplage (marqué *12*, 10 et 7) de façon à ce que le courant d'anode (I anode ampli) soit dans la zone bleue ou dans la zone rose, lorsqu'il y en a une sur ce cadran. On rectifie alors à nouveau l'accord d'antenne pour améliorer le maximum, sans que le courant d'anode vienne à dépasser le trait rouge, limite de sécurité.

On règle ensuite le courant grille à 3 mA en diminuant le réglage de l'accord du séparateur (5); on remet l'interrupteur (*14* et 4) sur « Hors ». Il sera remis sur « en » pour le trafic.

Entre les émissions, on laisse l'émetteur *allumé*, mais avec le contacteur général sur la position « accord ».

Toutes ces opérations sont abrégées lorsqu'on a inscrit pour la longueur d'onde en question toutes les graduations obtenues, ceci n'étant valable que pour une installation donnée, avec une antenne donnée.

Ecoute inter-signes. — Le récepteur RU-95, par exemple, est branché à la prise « récepteur », et le casque d'écoute sur l'émetteur également à la prise prévue.

Récepteur RU-95. — La fig. 294 *bis* publiée à la 39e leçon en donne une vue, avec toutes les commandes.

L'antenne symétrique est à brancher un brin en « PA », un brin en « AS ». L'antenne simple en « PA » si elle est petite ou en « GA » si elle a plus de 10 mètres, la terre étant en « AS ».

Le secteur est branché à l'aide du cordon spécial, la tension ayant été adaptée sur le transfo à l'intérieur du poste (de 100 à 240 volts). *Batteries au lieu de secteur* : 6 volts et 250 volts, par les 4 fils du cordon (+ et — BT, + et — HT).

Le casque est branché, ou alors le récepteur est réuni à l'émetteur qui, lui, reçoit le casque (écoute inter-signes, voir ci-dessus). Le volume (15) déclenche l'allumage; on le règle ensuite aux trois quarts de sa course. Le contacteur (13) est alors réglé sur entretenues ou sur musicales (si ce sont des entretenues de réglage instable), ou sur modulées, selon le cas. L'inverseur (7) est mis sur « normal », on règle le contacteur (10) sur la gamme d'ondes voulues à l'aide de sa clé centrale, le bouton extérieur servant à verrouiller et déverrouiller la position.

Le quartz MF est éliminé (« phase » (11) tout à fait enclenché à droite et « bande » (12) à fond à gauche). Le contacteur (19) est mis sur la position choisie pour la sélectivité et l'antifading. Il vaut mieux chercher d'abord la station avec la bande large. Le limiteur (14) est mis hors circuit à fond vers la gauche. L'appoint d'antenne est réglé à peu près à mi-course.

On recherche alors la station (4) : la commande étant enfoncée, le réglage est dégrossi rapidement (graduations correspondant à l'émission cherchée à amener en lecture), puis on tire le bouton de commande vers soi et on a alors un réglage lent pour fignoler. L'œil cathodique signale l'optimum sur chaque station en se fermant, le plus possible.

L' « appoint d'antenne » (5) améliore enfin la réception.

Il reste à choisir entre écouteurs, haut-parleur, ou renvoi sur une ligne téléphonique; à régler la puissance par le commande de volume (15) à améliorer selon le fading ou les brouillages à l'aide du contacteur à 4 positions (19), du filtre à quartz (11 et 12) — sur graphie seulement — et du limiteur.

Dans la description de l'appareil (paragr. 312) nous avons commenté le rôle de ces organes et leur emploi.

II. — MISE EN SERVICE D'UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR PORTATIF A QUARTZ POUR TRAFIC EN CAMPAGNE

329. — Emetteur-récepteur militaire graphie-phonie sur 60 à 100 mètres de longueur d'onde, un étage à quartz plus un étage HF. — Nous avons donné au paragraphe 292 des schémas de ce genre d'appareil.

L'émetteur, le récepteur et la boîte d'alimentation commune se trouvent placés dans des coffrets métalliques, les trois prenant place dans une valise (50 × 30 × 15 cm), par exemple, pour un émetteur de 20 watts-antenne), ou alors l'alimentation restant dans une boîte séparée; dans les deux cas, elle est réunie par câbles de jonction et fiches.

Un accu 6 volts suffit à l'alimentation, un vibreur (fig. 312 *bis*) donnant la haute tension, ou solution plus ancienne — une machine à main ou à pédale. Une prise peut être prévue pour branchement direct sur secteur alternatif 110 à 240 volts.

Antenne. — 6 à 20 mètres, la plus convenable ayant pour hauteur effective le quart de la longueur d'onde de trafic.

Terre. — La meilleure possible, ou contrepoids, ou grillage sous l'antenne, etc.

Branchement. — Secteur ou batteries par le câble approprié, après adaptation du voltage sur la boîte d'alimentation.

Allumage par le contacteur, puis mise en place du quartz choisi pour le trafic, et de la bobine (blindée) à broches correspondant à la longueur d'onde choisie. Celle-ci est un sous-multiple de la longueur d'onde du quartz.

Passage d'émission sur réception (commutateur E/R) et attente du ronflement dans le casque (lampes chaudes).

Accord du récepteur. — En mettant la gamme d'ondes en service, puis en mettant l'accord sur la graduation convenable pour l'onde émise par le correspondant (fonctionnement en duplex (paragr. 317 *bis*) ou en réseau (44ᵉ leçon). S'il s'agit d'ondes entretenues, on met l'oscillateur MF en service. Ensuite retouche de l'accord et de la commande de puissance pour trouver le correspondant. S'il y a un réglage d'appoint d'antenne, il est mis au point ensuite pour améliorer la réception.

Accord de l'émetteur. — Lorsque le quartz doit travailler sur un sous-multiple de la fréquence émise, un contacteur « fondamentale » ou « 2ᵉ harmonique » ou « 3ᵉ harmonique » met en service les circuits appropriés pour la lampe pilote. La lampe de l'ampli HF a reçu la bobine convenable pour la longueur d'onde de sortie. Un contacteur de gammes d'ondes, s'il existe, peut faire ce travail. Les réglages d'accord sont alors placés à peu près sur les graduations repérées pour la longueur d'onde de travail.

On règle ensuite le premier circuit d'accord (sortie du pilote ou pilote ou grille de l'ampli) pour obtenir le maximum de courant grille. Puis on règle le circuit plaque de l'ampli HF de façon à avoir une nette *déviation vers un minimum pour le milli du courant plaque HF.*

Il est nécessaire ensuite de bloquer le manipulateur en contact, et de régler le circuit d'antenne pour obtenir un *maximum de lecture de l'ampèremètre d'antenne.*

Si le couplage d'antenne est variable, on le modifie pour obtenir ce maximum sur très peu de graduations du circuit d'accord antenne.

329 *bis*. — Mise en service de l'émetteur-récepteur « Walkie-Talkie » SCR 300, portatif à dos d'homme, modulé en fréquence.

La mise en service de l'émetteur-récepteur *portatif* à modulation de fréquence le plus répandu actuellement : SCR 300, nous donne l'occasion de publier ici le schéma complet de l'ensemble d'émission-réception. Nous indique-

rons au passage à quels types de circuits correspondent les éléments constitutifs des SCR 300, afin de relier aussi cette analyse aux études technologiques faites dans cet ouvrage.

Les installations SCR 300 (appareils BC 1.000-A Walkie-Talkie) travaillent entre 40 et 48 Mc/s, soit 7,5 à 6,25 mètres, sur l'un des 40 canaux possibles entre ces fréquences extrêmes de 200 en 200 Kc/s. Sortie antenne émission : 0,5 watt.

L'antenne sera, soit celle de 84 cm en deux tronçons, que l'on monte sur le coffret et dont le joint flexible permet l'orientation verticale, soit celle de 3,25 mètres en huit tronçons, pour endroits dégagés, et qui augmente la portée.

L'alimentation est assurée par une batterie BA-70 groupant 3 piles : 4,5 volts (filaments tubes), 90 volts (HT récept.) et 60 volts (pour donner 150 volts au total comme HT ém.). On place cette batterie dans le coffret de la partie inférieure du boîtier de l'appareil, libérée par ses six attaches à ressort, le câble d'alimentation étant branché par son bouchon et soigneusement placé en boucle. La batterie doit être d'abord fixée sous l'émetteur-récepteur, puis engagée dans le coffret inférieur qui se rattache au châssis de l'émetteur-récepteur.

La fixation à dos d'homme se fait par ceinturon, avec coussin dorsal et harnais.

Les transmissions sont assurées par un *combiné* micro-écouteur avec deux fiches de branchement (micro et écouteur), avec commutateur émission-réception dans la poignée. Un *casque* à deux écouteurs peut équiper le porteur du poste.

Circuits de l'Appareil.

L'émetteur-récepteur comprend 18 tubes.

L'émetteur à modulation de fréquence, dont la porteuse est issue d'une auto-oscillatrice à couplage grille-plaque classique (tube 1 T 4), a cette fréquence centrale stabilisée par asservissement à une tension de correction issue du discriminateur du récepteur associé, qui reçoit une partie du signal émis par l'émetteur.

Il y a donc là une application du principe déjà étudié en technologie au paragraphe 293-4 pour les appareils des installations SCR 609-610. Cependant une différence essentielle est à signaler. Dans ces derniers montages, l'émetteur à fréquence variable était asservi à un récepteur dont la stabilité en fréquence était garantie par l'usage, comme unique oscillateur local, d'un montage à quartz,

Ici, dans le « Walkie-Talkie » SCR 300, ce sont les mêmes circuits auto-oscillateurs à fréquence variable, avec tube 1 T 4 *qui servent de pilote de l'émetteur et d'oscillateur local pour le récepteur.* Ils sont donc accordables par condensateur variable pour le choix de la fréquence de transmission.

Les circuits communs aux deux fonctions E et R sont en fait :

1° l'oscillatrice 1 T 4 (VT 173) dont la fréquence d'accord peut aller de 17.850 à 21.850 Kc/s;

2° Une doubleuse 1 T 4 (VT 173) attaquée à sa grille par l'oscillateur à travers 100 pF et dont le circuit plaque est accordé sur l'harmonique 2 du signal osc.; il fournit donc un signal sur 35.700 à 43.700 Kc/s.

L'oscillatrice 1 T 4 possède aux bornes de son circuit oscillant l'impédance variable constituée (théorie paragr. 267) par le tube 1 L 4 et l'ensemble R-C 15.000 ohms-25 pF. La grille de ce tube à résistance variable reçoit par 100.000 ohms, 470.000 ohms, découplage par 10.000 pF et 470.000 ohms une tension continue issue du discriminateur du récepteur, prise au point A. C'est là la tension de correction qui stabilisera la fréquence de l'émetteur au centre du canal de transmission choisi par l'accord du condensateur variable de l'oscillateur 1T4 et que nous avons signalée comme « asservissement » E à R.

Le même tube à réactance variable 1 L 4 rectifiant l'accord de l'oscillatrice 1 T 4 ne reçoit pas que cette tension de correction; il peut aussi recevoir à sa grille le signal BF issu du microphone, et appliqué par le transformateur de

modulation. Il fait donc varier l'accord du pilote de l'émetteur à la cadence BF : d'où modulation de fréquence (théorie paragr. 267 et 293-1).

L'usage de ce même pilote comme premier oscillateur local de réception en superhétérodyne appelle une remarque importante. Si la fréquence de transmission choisie est *f*, il faut que le premier oscillateur local en réception soit accordé sur *f* + MF ou *f* — MF, la valeur MF dans le circuit plaque de la première changeuse de fréquence étant de 4.300 Kc/s, on adopte *f* — MF, et c'est pour cela que l'oscillateur local et son doubleur fournissent 35.700 à 43.700 Kc/s, ce qui donne bien un changement de fréquence sur 4.300 Kc/s, pour couvrir la gamme de trafic 40 Mc/s à 48 Mc/s.

Mais cet oscillateur étant employé dans l'émetteur donne une fréquence plus basse que la fréquence de trafic à émettre. C'est pourquoi l'émetteur comprend, outre l'oscillateur et son doubleur, un autre oscillateur, à quartz celui-là (tube 3 A 4) dont le quartz fournit un signal pur sur 4.300 Kc/s. La lampe 3 A 4 reçoit sur sa grille les deux signaux : 4.300 Kc/s et 35.700 à 43.700 Kc/s. Elle est montée en mélangeuse (changeuse de fréquence), son circuit plaque étant accordé sur la *somme* des deux fréquences composantes *f*1 + *f*2 (ce qui fonctionne aussi bien que l'accord sur la différence des fréquences *f*1 — *f*2, selon le procédé classique que nous avons appris dans la théorie du changement de fréquence).

Les deux signaux fournis à la mélangeuse permettent donc « d'ajouter » (terme impropre, mais imagé) les 4.300 Kc/s et d'avoir un signal d'émetteur sur 40 à 48 Kc/s tout en utilisant (pour partie) l'oscillateur local du récepteur comme pilote.

Référence de fréquence quant à la stabilité. — Le récepteur, qui stabilise la fréquence centrale malgré la modulation de fréquence au point de compenser, à l'émission, les instabilités inhérentes à ce genre d'émetteur (voir paragr. 293) et de compenser à la réception l'imprécision du réglage de l'accord par l'opérateur, doit se référer à une base sûre au point de vue fréquence.

Nous avons vu que dans les SCR 609-610 (paragr. 293-4) l'oscillateur local du superhétérodyne de réception était à cristal de quartz. Sur cette référence, la valeur MF pouvait servir de base au discriminateur, les écarts ne pouvant provenir que du signal d'entrée et non de l'oscillateur à quartz.

Dans les Walkie-Talkie SCR 300, pour obtenir également une référence sûre au point de vue fréquence, quoique l'oscillateur local soit à fréquence variable, on a adopté le principe de réception à double changement de fréquence (revoir paragr. 312-6.

Il y a donc dans le récepteur, après la première amplification MF sur 4.300 Kc/s (deux étages à tubes 1 T 4), un deuxième changement de fréquence (par tube 1 R 5) dont l'oscillateur local est cette fois à quartz. Sa fréquence est de 6.815 Kc/s. Par le battement avec le signal 4.300 Kc/s attaquant la première grille de la 1 R 5, on obtient un signal de 6.815—4.300 = 2.515 Kc/s. C'est sur cette fréquence que se trouvent accordés le circuit plaque du tube 1 R 5, l'amplificatrice 1 T 4 qui suit, la première limiteuse d'amplitude 1 L 4 la seconde limiteuse 1 L 4 et les circuits du discriminateur qui attaquent les diodes. Le discriminateur révèle et fournit à l'amplificateur BF (1 S 5) la modulation BF, écoutée au casque. Il est remarquable de noter que ce tube 1 S 5 a sa tension négative de grille (polarisation) fournie par retour de la résistance de grille de 470.000 ohms au point P du circuit grille oscillatrice de la 2ᵉ changeuse 1 R 5.

Squelch. — Une autre caractéristique de l'équipement SCR 300 (BC 1.000-A) est l'emploi par le récepteur d'un système dit « squelch » ou réglage silencieux qui ne permet au dernier étage BF (1 S 5) d'amplifier que les signaux d'amplitude supérieure au niveau de bruit.

Le principe diffère un peu de celui des circuits analogues analysés au paragr. 315 *bis* avec pour exemple le récepteur SCR 508-528-538.

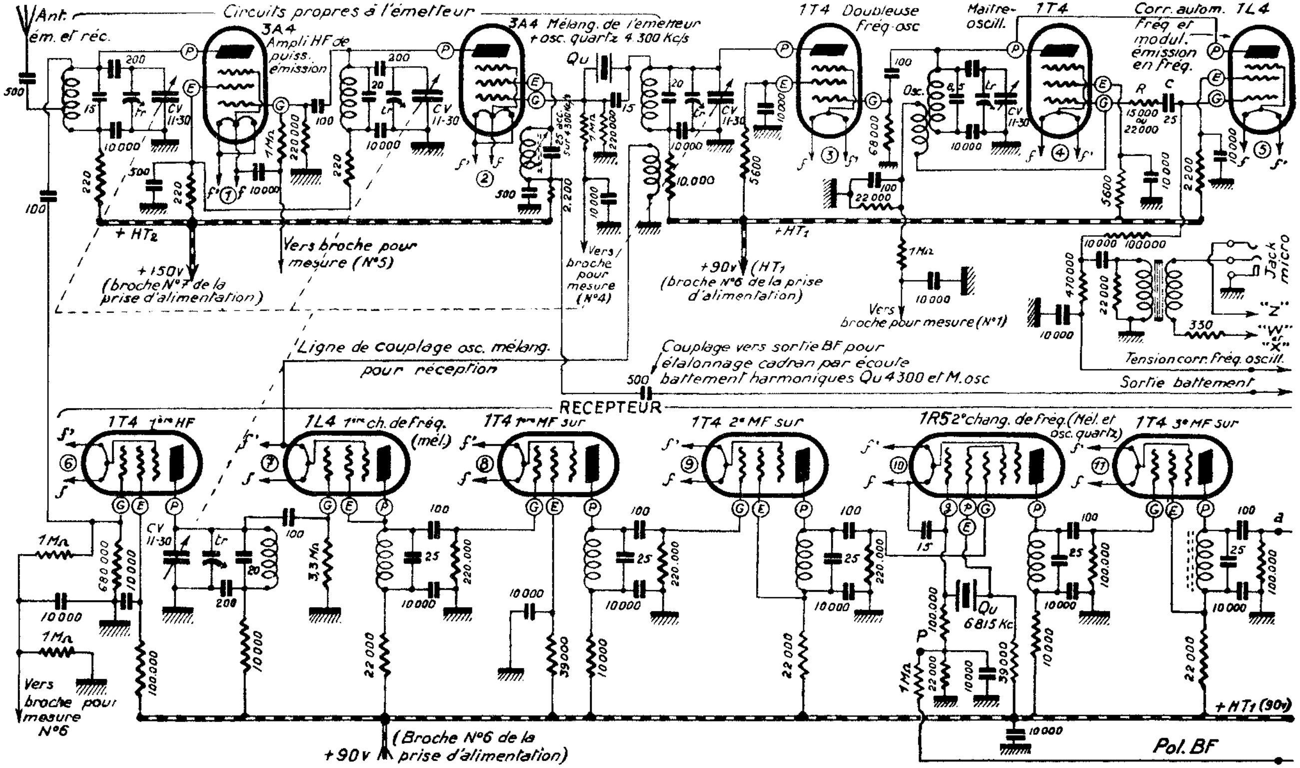


Fig. 314 *bis* A. — Première partie du schéma complet commenté de l'émetteur-récepteur portatif « walkie-talkie » S.C.R. 300.
f f' : voir branchement filaments de chauffage des tubes dans tableau pages suivantes.

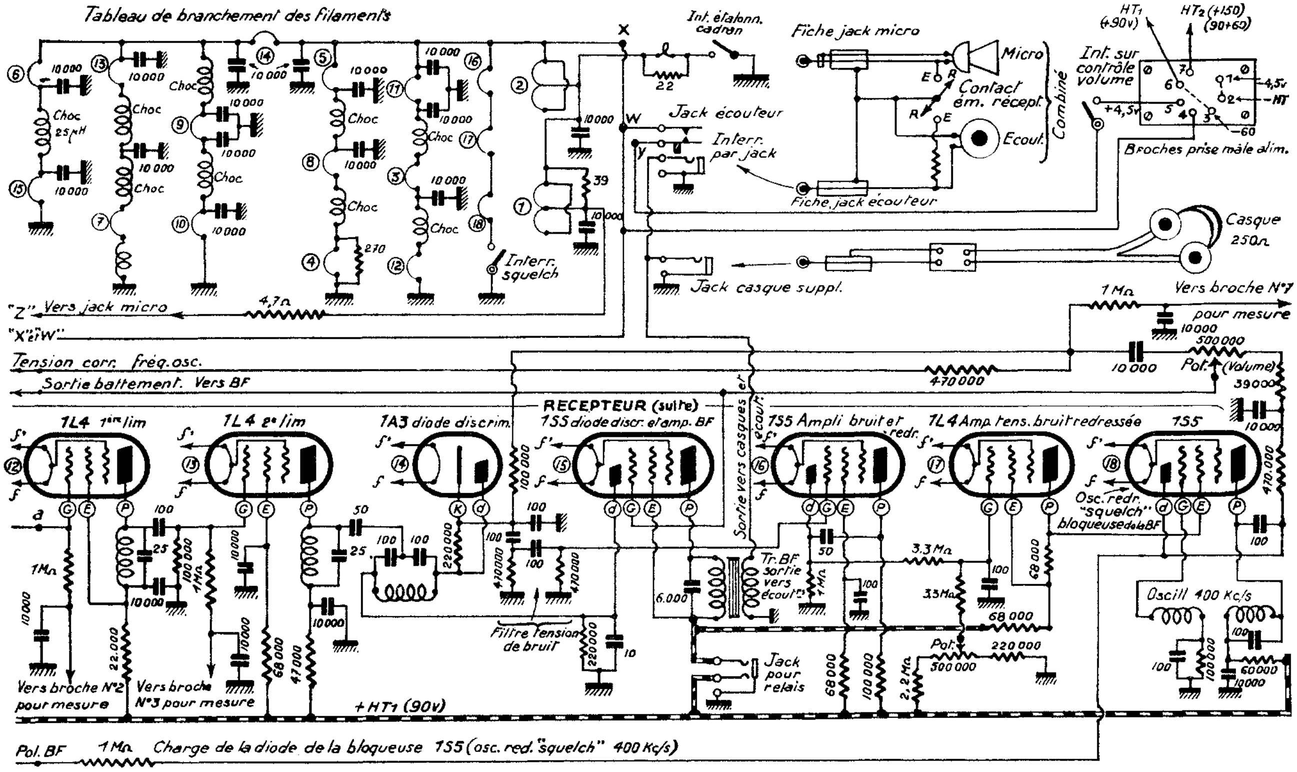


Fig 314 *bis* B. — Deuxième partie du schéma complet de l'émetteur-récepteur portatif S.C.R. 300, « walkie-talkie ».

Le « réglage silencieux » du SCR 300 ne se sert pas directement de la tension continue obtenue par redressement du signal pour « bloquer » le tube préamplificateur BF. La polarisation négative excessive nécessaire pour bloquer ce tube est obtenue par redressement d'une oscillation créée seulement dans ce but : oscillateur à tube 1 S 5, ses circuits sont accordés sur 400 Kc/s environ (T 4). Cette fréquence importe peu, puisque l'oscillation développée dans la partie penthode est aussitôt redressée par la partie diode du même tube 1 S 5 (liaison plaque —> diode par 100 pF), et elle crée aux bornes d'une résistance de 1 mégohm placée entre diode et P (point déjà négatif de 1 ou 2 volts, grâce à la résistance de grille de l'oscillatrice de la mélangeuse), une tension continue négative supplémentaire qui peut aller jusqu'à — 40 volts.

Avec 41 à 43 volts de polarisation négative, le tube amplificateur BF (autre tube 1 S 5) ne peut plus rien amplifier (plus de courant plaque). Mais cela ne peut se produire que lorsque le dispositif « squelch » est en fonctionnement et lorsque le signal capté *est essentiellement composé de bruit de fond.*

L'oscillateur 400 Kc/s, fournissant la tension de bloquage, n'oscille (tube 1S5 *osc. squelch*) que si sa tension d'écran est suffisante. Nous allons voir comment cette tension d'écran est commandée.

1° Lorsque l'opérateur de l'émetteur-récepteur SCR 300 recherche un correspondant très difficile à percevoir, il peut mettre le squelch sur « off » (hors service), l'oscillatrice 400 Kc/s, ainsi que les tubes qui la précèdent 1 S 5 amplificateur de bruit et 1 L 4 ont tous trois l'alimentation filaments coupée. Pas d'oscillation, pas de tension négative exagérée sur le tube 1 S 5 BF, le récepteur amplifie tout et il est à son maximum de sensibilité.

2° Lorsque le correspondant est à rechercher normalement, il est bon de mettre le squelch en service afin de supprimer le niveau élevé du bruit de fond entre stations. On tourne vers la droite la commande de squelch, le contact se ferme, les filaments des trois tubes intéressés s'allument, puis le potentiomètre de 500.000 ohms entre en jeu. *On doit le tourner le moins possible vers la droite*, juste assez pour éliminer le bruit de fond entre stations.

L'oscillatrice 400 Kc/s a une tension d'écran venant du + HT à travers deux résistances de 68.000 ohms et sur lesquelles consomme aussi le courant plaque du tube précédent : 1 L 4, que nous appellerons amplificateur de courant continu. Quand la grille 1 L 4 ne reçoit aucune tension, sa polarisation est nulle, son courant plaque est maximum et cela donne une tension d'écran osc. 400 Kc/s de 40 volts.

A la sortie du discriminateur (diodes 1 A 3 - 1 S 5), les composantes les plus élevées en fréquence du signal, qui correspondent au bruit de fond coutumier aux appareils mod. de fréq. lorsqu'aucun correspondant n'est capté, sont filtrées par l'ensemble 100 pF — 470.000 ohms - 100 pF. Elles sont amplifiées par la penthode d'un tube 1 S 5 (dit amplif. de bruit) et redressées par la diode du même tube. La tension continue négative résultante est appliquée à la grille du tube 1 L 4. Le potentiomètre de 500.000 ohms (squelch control) permet de limiter l'ampleur de cette tension négative en la compensant, en partie (réglable) par une tension positive prise sur un pont de résistance. Le courant plaque à travers les 68.000 ohms diminue, la tension plaque 1 L 4, et de même la tension d'écran (qui lui est connecté) de l'oscillatrice « squelch » 1 S 5 augmente, jusqu'à 80 volts au lieu de 40 volts. L'oscillatrice 400 Kc/s oscille, le tube 1 S 5 BF est bloqué de la manière que nous avons expliquée : on n'entend pas le bruit de fond.

Si l'on tournait trop vers la droite la commande de squelch, le niveau du signal venu du discriminateur par le filtre 100 pF-470.000 ohms - 100 pF serait élevé, même si le récepteur est en train de capter un correspondant et quoique le bruit de fond soit alors faible. Résultat : le récepteur serait bloqué en BF et on n'entendrait qu'à peine le correspondant.

3° *Lorsque le correspondant est trouvé* (les deux appareils SCR 300 sont sur la même « voie » de transmission et le dispositif CAF a corrigé l'écart de fré-

quence du récepteur pour l'accorder exactement) et lorsque le correspondant transmet, le signal venu élimine le bruit de fond (caractère des appareils à modulation de fréquence).

Aucune composante à fréquence élevée ne se trouve au discriminateur, le filtre 100 pF-470.000 Ω- 100 pF ne transmet guère de signal, et la tension amplifiée et redressée par le tube 1 S 5 « amplificateur de bruit » est presque nulle; le débit plaque du tube 1 L 4 est important, la chute de tension dans les 68.000 ohms est notable, il ne reste que 40 volts à l'écran de l'oscillatrice 400 Kc/s 1S5 qui refuse d'osciller. Aucune tension négative de bloquage n'est appliquée au tube 1 S 5 BF qui transmet aux casques le signal désiré, amplifié au maximum.

Amplification MF, limiteurs, discriminateur : nous renvoyons, pour l'étude de cette partie du schéma (fig. 314 *bis*), aux circuits étudiés paragr. 315, car ici tout est classique. Le grand nombre d'étages : *trois* sur la deuxième valeur MF (2.515 Kc/s), et deux étages limiteurs permet d'avoir, malgré la faible tension plaque consentie pour cet équipement (HT : 90 volts) un signal MF de grande amplitude, écrété ensuite à une valeur d'amplitude constante, qui ne laisse vraiment subsister que les variations de fréquence.

MISE EN ROUTE. — Nous renvoyons au début de ce chapitre pour les détails de l'équipement : antennes, alimentation, fixation.

Le combiné téléphonique se branche par deux fiches : micro (MIC) et écouteur, cette dernière dans la prise PHONE N° 1. Le combiné peut être utilisé, soit par le porteur de l'appareil, soit par un opérateur qui se tient derrière lui.

Dans ce dernier cas, un casque d'écoute est utilisé par le porteur de l'appareil. Ce casque se branche dans la prise PHONE AUX. ou « écoute supplémentaire ».

Avant l'usage, on vérifie ces branchements, ceux de l'antenne et, surtout dans le cas de l'antenne portative de 84 cm, la mise à la masse de la base : cosse plate sur borne « GROUND » du panneau avant de l'appareil.

Voici l'ordre des trois premières opérations à effectuer :

1° Squelch sur « off » (hors service); 2° Allumage par le bouton de volume, qui permet d'entendre bientôt le bruit de fond; 3° Etalonnage du cadran avant de se régler sur la voie de transmission choisie.

Cet *étalonnage* se fait en libérant le bouton d'accord (verrou à dévisser de deux tours « dial lock »), puis en appuyant sur le bouton « press for dial light », etc...

La lampe cadran s'allume, mais aussi le tube 1 R 5 oscillateur-mélangeur de l'émetteur (qui n'est normalement pas en service en réception). Donc une oscillation (basée sur quartz) de 4.300 Kc/s est émise. On règle l'accord pour amener sous la fenêtre le repère d'étalonnage placé entre les voies 36 et 37. A ce moment, le onzième harmonique des 4.300 Kc/s vient battre, le sifflement entendu est amené doucement à l'extinction par réglage de l'accord. On est alors exactement sur $4{,}300 \times 11 = 47{,}3$ Mc/s. On amène alors le repère de la fenêtre au-dessus du repère d'étalonnage par le bouton « indicator adj. ». L'appareil est alors étalonné.

L'accord sur le correspondant se fait en amenant ensuite le repère de la voie de transmission choisie sous la fenêtre. La tension issue du discriminateur et appliquée au tube à réactance variable modulant l'oscillateur fera que le récepteur corrigera exactement son réglage, automatiquement, pour s'aligner sur la fréquence centrale du signal capté.

Et le même oscillateur servant à l'émission, le signal de réponse se fera aussi sur cette fréquence

Il ne faut pas omettre de bloquer le réglage d'accord, en revissant de deux tours son verrou (dial lock).

La seule manœuvre en cours d'opération sera celle du « squelch » et celle du « volume sonore ». Nous avons suffisamment explicité le fonctionnement du « squelch » pour guider son emploi.

L'antenne doit toujours être correctement en place comme indiqué, avant d'émettre, pour que le tube de puissance émission soit convenablement chargé.

On passe en « *émission* » en appuyant sur la poignée du combiné micro-écouteur.

Des notices techniques descriptives accompagnent chaque walkie-talkie SCR 300, et doivent être très soigneusement étudiées par les dépanneurs.

III. — MISE EN SERVICE D'UNE INSTALLATION DE BORD (MARINE)

330. — Les équipements de navires en émission et en réception sont très divers, la puissance de l'installation dépend essentiellement du type de navire équipé. Dans la marine marchande, les cargos de moyen tonnage ne peuvent prétendre à des installations aussi puissantes que celle des paquebots, car il ne faut pas oublier que la puissance dissipée demande une puissance d'alimentation que doit fournir l'installation électrique du bord. Les besoins du trafic sont aussi très différents : un paquebot doit posséder, en plus d'un émetteur à grande puissance sur ondes longues et moyennes, et d'un émetteur ondes courtes, assurant le trafic radiotélégraphique et radiotéléphonique du navire, une installation émission-réception, généralement sur ondes courtes, permettant aux passagers des conversations téléphoniques avec les réseaux terrestres.

A titre d'exemple, dans une catégorie de navires de marine marchande de moyenne importance, nous trouverons :

— un émetteur à ondes entretenues ou modulées, avec les gammes 500 à 800 mètres et 1.800 à 2.400 mètres. Puissance : 500 watts.

— un émetteur sur ondes modulées (type B41K) comportant sept longueurs d'ondes fixes comprises entre 500 et 800 mètres, puissance 1.000 watts (Voir description paragr. 286, schéma 5).

— un émetteur sur ondes courtes, de 20 à 80 mètres, à étage pilote suivi d'un amplificateur haute fréquence, puissance 200 watts-antenne (principe exposé dans le paragr. 289). Trois longueurs d'ondes couramment utilisées par le navire pour son trafic OC sont repérées sur les organes de réglage (Voir ce dispositif au paragr. 290).

— un dispositif de contrôle de la longueur d'onde émise (ondemètre), couvrant toutes les gammes d'ondes.

— un récepteur de trafic toutes ondes, à changement de fréquence, ou même double changement de fréquence (Voir paragr. 312 à 315), avec dispositif pour la réception des ondes entretenues.

— un récepteur simple à changement de fréquence, 4 ou 5 lampes, en service permanent sur la gamme 500 à 800 mètres.

— l'alimentation comprend : un groupe convertisseur alimentant en alternatif basse tension le filament de la lampe d'un kilowatt de

l'émetteur B41K; un alternateur 600 périodes fournissant 120 volts au primaire du transfo de plaque du B41K (au secondaire : 3.000 volts sous 350 milliampères).

— un groupe convertisseur fournissant 700 volts, 500 milliampères pour l'alimentation plaque de l'émetteur ondes courtes; un groupe convertisseur donnant 275 volts, 100 milliampères pour le récepteur de trafic; une batterie plaque de 200 volts 5AH pour le récepteur ordinaire.

— une table de commande et de manipulation comportant : les interrupteurs, qui par l'intermédiaire de relais (électro-aimant) mettront en marche les convertisseurs nécessaires à chaque appareil devant être mis en service. L'interrupteur commande à la fois la mise en route de l'alimentation basse et haute tension; les inverseurs permettant d'employer la ou les antennes d'émission sur l'un ou l'autre poste; enfin les manipulateurs, dont un à grande vitesse, du type à double contact latéral; et les prises de branchement de casques et le haut-parleur de service.

— la table de manipulation, ou un pupitre voisin, porte le téléphone du bord.

La *veille* sur les longueurs d'ondes de 600 mètres et de 2.000 mètres est assurée par le récepteur simple, ou celui de trafic, sur haut-parleur.

III *bis*. — MISE EN SERVICE D'UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR DE BORD DE MARINE TYPE POUR " CHALUTIERS "

330 *bis*. — Usage du Naviphone S.F.R. — Nous avons donné au paragraphe 297 *bis* le schéma et l'étude complète de l'émetteur équipant cet ensemble mis en service ces dernières années (depuis 1946) sur la flotte française de pêche.

Un récepteur superhétérodyne cinq tubes lui est associé : un étage HF, tube R 802 penthode; un étage changeur de fréquence, tube R 810, triode-hexode; un étage amplificateur MF, tube R 802, penthode; un étage détecteur, commande d'antifading et préamplification BF, tube R 802, diode-penthode; un étage BF de puissance, tube R 805, penthode de puissance.

L'ensemble émetteur-récepteur se présente en un seul coffret compact, relié par un câble au convertisseur de l'émetteur. L'alimentation comprend :

1° un convertisseur tournant destiné aux circuits d'émission, induit moteur 24 volts branché sur la batterie du navire, prises en commutatrice donnant 17 volts alternatifs pour le chauffage des lampes d'émission, induit générateur HT 500 volts, 350 mA pour l'émetteur. Ce convertisseur est extérieur au coffret du Naviphone.

2° un convertisseur tournant destiné aux circuits de réception, induit moteur 24 volts branché sur la batterie, prises 24 volts pour les filaments des lampes de réception, montées en deux chaînes « 24 volts », induit générateur HT 350 volts, 100 mA donnant après filtrage 250 volts pour le récepteur. Ce convertisseur est placé à l'intérieur du coffret du Naviphone.

3° interrupteur-disjoncteur pour la coupure générale d'avec la batterie du bord 24 volts.

Fréquences de travail du Naviphone :

— EN ÉMISSION de 1.360 Kc/s à 3.750 Kc/s, soit de 220 à 80 mètres de longueur d'onde, en quatre sous-gammes.

1 : 220-160 mètres; 2 : 175-120 mètres
3 : 130- 90 mètres; 4 : 105- 80 mètres

Ces longueurs d'onde sont données par un pilote E.C.O. avec accord par condensateur variable. Mais deux autres pilotes à quartz peuvent être mis en service, leur fréquence est comprise dans les gammes ci-dessus, et généralement l'un d'eux est taillé pour donner à la sortie 1.650 Kc/s, et donne donc l'émission sur l'onde de détresse et d'appel de 181,8 mètres.

— EN RÉCEPTION de 880 à 3.750 Kc/s, soit de 340 à 80 mètres de longueurs d'onde, en deux sous-gammes :

1 : 80-190 mètres; 2 : 150-340 mètres.

Transmissions en téléphonie seule.

Antenne : généralement unifilaire en L renversé, de 20 mètres de longueur totale max.

Sortie émission : 30 watts-antenne; *sortie réception :* 2 watts modulés en haut-parleur incorporé, avec branchement d'un casque, soit dans le jack inférieur (écoute casque seul), soit dans le jack immédiatement au-dessus (écoute casque et haut-parleur).

MISE EN ROUTE. — Si l'on prévoit l'usage de l'émetteur, l'interrupteur-disjoncteur de la batterie est en contact; tous branchements ont été vérifiés (alimentation - micro - casque - antenne).

On *allume le récepteur* par le poussoir rouge du panneau frontal.

On met *l'inverseur émission-réception* TR sur R.

Si l'on veut émettre, 30 secondes au moins après le chauffage des tubes d'émission grâce à l'interrupteur-disjoncteur, il faut suivre OBLIGATOIREMENT le processus suivant :

a) S'assurer que TR est sur R (réception) tant que l'onde d'émission n'aura pas été enclanchée (voir c ci-dessous).

b) Mettre le commutateur d'ondes d'émission (levier de réglage de gauche) sur celle des trois positions correspondant à celle des trois longueurs d'onde pré-réglées que l'on veut utiliser;

c) Tourner le bouton de réglage central jusqu'à encliquetage;

d) Mettre l'inverseur TR sur T;

e) Régler l'accord d'antenne (bouton de droite) pour que la lampe au néon au faîte du panneau s'allume, le plus intensément possible;

f) Parler, puis revenir en réception. Si l'on n'a pas à changer d'onde, celle-ci restant enclanchée, il suffira désormais pour émettre, de la manœuvre « *d* ».

Le poussoir noir *arrête le récepteur,* mais il faut avant arrêter l'émetteur par l'interrupteur-disjoncteur extérieur.

PRÉ-RÉGLAGE DE L'ÉMETTEUR. — Les trois longueurs d'onde de travail sont choisies à l'avance et inscrites sur le panneau.

Choix du pilote : trois pilotes, un accordable dit « auto », deux à onde fixe, à quartz. Mais les trois positions du levier peuvent aussi bien donner 3, ou 2, que 1 longueur d'onde du pilote « auto », les autres pilotes n'étant pas nécessairement branchés.

Exemple : les ondes pré-réglées peuvent être :

120 m. (par « Auto » accordable),
150 m (par « Auto » accordable),
181,8 m. (par l'un des pilotes à quartz).

Mais on peut aussi utiliser l'autre pilote quartz pour la 2e onde désirée, etc... Toutes combinaisons sont possibles.

Voici les premières opérations à effectuer, sur le combinateur de pilotes :

a) enlever le long capot demi-cylindrique frontal,

b) enlever le capuchon marqué « B »,

c) débrancher l'antenne,

d) sur l'axe 1 du combinateur de pilote, correspondant à la position 1 du levier, débloquer le galet de droite et le mettre en face du pilote désiré pour cette onde; dans notre exemple d'ondes ci-dessus, ce sera devant « Auto »,

e) même chose pour l'axe 2, le galet de droite serait mis aussi sur « Auto » dans notre exemple ci-dessus.

f) même chose pour l'axe 3; dans notre exemple, le galet de droite sera mis sur le quartz Q1 ou Q2, celui-ci donnant 181,8 mètres;

g) on adapte les circuits à la sous-gamme correspondant à chacune des longueurs d'onde désirées; ainsi sur l'axe 1, on déplace le galet de gauche pour le mettre en face de III (de 130 à 90 m.); axe 2, galet de gauche en face de II (de 175 à 120 m.); axe 3, galet de gauche en face de I (de 220 à 160 m.); pour satisfaire à notre exemple (120, 150 et 181,8 mètres).

Adaptation de l'accord du condensateur variable pour l'onde pré-réglée.

Un ondemètre doit être réglé sur la longueur d'onde désirée. Le levier étant sur la position 1, d'abord, celle où nous désirons 120 mètres, on tourne le bouton central jusqu'à encliquetage, puis on dévisse la vis 1 du démultiplicateur pour libérer son disque. On règle alors le condensateur variable pour la meilleure déviation possible de l'ondemètre réglé sur 120 mètres. Il suffit après de revisser la vis 1 pour rebloquer son disque. Désormais, lorsque le condensateur variable s'encliquetera au cours de la rotation du bouton central, il sera exactement sur la position correspondant à 120 mètres, si le levier d'ondes est sur la position 1.

On opère de même pour les positions 2 et 3, en utilisant les vis 2 et 3 du démultiplicateur pour la libération et le rebloquage des disques correspondants.

L'opération doit être faite même pour les ondes obtenues avec pilotage par quartz.

Combinateurs de couplage des selfs et d'antenne. Ces combinateurs peuvent avoir leurs réglages rectifiés lorsqu'on veut pré-régler une nouvelle longueur d'onde d'émission. Cela doit se faire en surveillant, d'une part le courant plaque HF (100 à 115 mA selon la longueur d'onde), et d'autre part, la possibilité de trouver l'accord d'antenne avec éclairement max de la lampe au néon.

La notice SFR « Naviphone » qui commente toutes opérations de réglage et dépannage, sera consultée et suivie pour cette adaptation des circuits de sortie à la nouvelle onde réglée. Nous avons voulu ici *initier* l'opérateur aux réglages essentiels pour le mettre dans l'ambiance du travail.

RÉGLAGES DU RÉCEPTEUR (*en bas du coffret*).

a) Le commutateur de gammes est mis soit sur V (réception de l'*onde de veille* 181,8 mètres), soit sur 1 (80 à 190 m.), soit sur 2 (150 à 340 m.). — selon l'onde à recevoir.

b) L'inverseur T-R doit être sur R.

c) Mettre le « volume sonore » à mi-course (bouton sous le haut-parleur),

d) Régler le condensateur variable sur la graduation en longueur d'onde (deux échelles : rouge pour gamme 1, bleue pour gamme 2) et chercher en ce point le correspondant. Adapter le volume sonore pour une bonne écoute.

IV. — MISE EN SERVICE D'UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR DE BORD (AVION)

Exemple : type 3-10 Saram

331. — Cet équipement d'avion de transport (ou de bombardement) comprend :

— un émetteur piloté à amplification haute fréquence après étage doubleur, émettant en graphie pure-graphie modulée et phonie, généralement sur laryngophone. (Schéma 3, fig. 252, fig. 257-258-259-268.)

— un amplificateur BF incorporé à l'émetteur (fig. 273).

— un préampli BF pour le laryngophone.

— un récepteur à changement de fréquence avec deux étages d'amplification HF et deux étages d'amplification MF, ce récepteur étant divisé en deux blocs : l'un groupant HF et changeur de fréquence, l'autre groupant MF détection et BF. (Schéma fig. 293.)

— un groupe alimentation qui, à partir des batteries du bord, (24 volts) donne la BT (24 volts) et la HT à l'aide d'un convertisseur 1.250 volts et 400 volts pour l'émetteur et d'un convertisseur 300 volts pour le récepteur.

— un poste de commande principal groupant les commandes émission-réception, pures-modulées-phonie, voltmètre de contrôle et le branchement du casque du laryngophone et du manipulateur (fig. 255).

— un poste de commande auxiliaire pour opérateur adjoint tributaire du poste de commande principal.

Pour l'analyse du fonctionnement, il suffit de se reporter aux chapitres de technologie traitant des techniques employées dans cet ensemble (paragraphes 289-294-295-296-297-312).

Quelques directives pour l'utilisation :

1° une clé *arrêt-marche* sur le poste de commande principal détermine l'allumage.

2° un commutateur « *chauffage, opérateur principal, opérateur auxiliaire* », est à laisser 60 secondes sur la position « chauffage » pour mettre les lampes en service, puis sur la position « opérateur principal ».

3° une clé « *trafic normal-trafic rapide* » qui change les circuits qui seront coupés par le manipulateur, est à placer sur la position correspondant à la cadence de manipulation. Mais aussi il y a lieu de noter que *sur trafic rapide, le commutateur émission-réception ne ser-*

vira plus. Le simple fait d'abaisser le manipulateur coupe la réception et met en service l'émetteur, grâce à des relais.

Pour les réglages de l'émetteur et du récepteur, il y a lieu de se conformer aux directives données à propos des émetteurs pilotés à étages d'amplification haute fréquence (289-290) et des récepteurs de trafic superhétérodynes (toute la 39e leçon).

IV *bis*. — MISE EN SERVICE D'UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR DE BORD SUR ULTRA-HAUTES FREQUENCES (AVION)

331 *bis*. — L'emploi des très hautes fréquences, ondes décimétriques, s'est imposé pendant la dernière guerre. L'émetteur-récepteur SCR 522. américain ou anglais, a consacré les fréquences de 100 à 156 mégacycles. Il s'agit d'un matériel à émission stabilisée par quartz, 50 cristaux prévus parmi lesquels on en choisit quatre, qui donnent quatre fréquences de travail pré-réglées au départ.

Ce matériel ne suffit plus, une décision récente (1947) mettant en vigueur pour la liaison entre avions en vol la gamme d'ultra hautes fréquences 400 à 225 Mc/s, soit 0,75 à 1,33 mètre de longueur d'onde.

Les appareils qui sont réalisés en prototypes pour cette gamme possèdent les caractéristiques suivantes :

— émission possible sur 1.750 canaux, écartés de 100 Kc/s, avec modulation en fréquence (phonie).

— 23 quartz seulement permettent de contrôler la fréquence centrale. Un dispositif analogue à celui que nous avons étudié au paragr. 293-4 pour les SCR 609 et 610, permet, à partir de la tension fournie par le discriminateur d'un récepteur, de faire glisser la fréquence d'émission par un tube à réactance variable : la fréquence émise est asservie aux quartz de l'oscillation locale du récepteur. Mais, pour limiter le nombre de quartz nécessaires malgré le choix désiré (1.750 canaux possibles), on crée en fait à la fois plusieurs oscillations locales que l'on fait battre en elles. Le battement obtenu peut avoir des valeurs très différentes, plusieurs combinaisons permettent donc, avec les mêmes quartz, d'obtenir beaucoup plus de canaux que de quartz.

— accord automatique du circuit d'antenne d'après la fréquence d'accord de l'émetteur.

L'exploitation de ce nouveau matériel U.H.F. est donc particulièrement facile pour les pilotes de l'aviation militaire et de l'aéronavale.

Un autre matériel d'aviation remplace le SCR 522 sur les très hautes fréquences de 100-120 Mc/s (2,5 à 3 mètres de longueur d'onde). Un autre ensemble émetteur-récepteur automatique doit être établi avec modulation en impulsions.

On voit que la mise en service des émetteurs-récepteurs d'aviation, des nouveaux types à accord automatique est très simple : il suffit de commuter la « voie » choisie. Certains de ces équipements sont prévus pour la graphie, d'autre pour la phonie modulée en amplitude (sur O.C.) ou en fréquence (sur O.T.C.), ils peuvent avoir de 2 à 20 canaux pré-réglés choisis par commutation. Les puissances de sortie des émetteurs de bord d'avion O.T.C. peuvent être très faibles : 1,5 watt-antenne!

Enfin, rappelons les nouveaux émetteurs de détresse (SFR 1F et 2F) décrits fig. 260 *bis* et 274 pour aviateurs tombés en mer et attendant les secours sur un canot pneumatique. L'antenne est un brin attaché à un ballon captif possédant en bas de la descente d'antenne un filin de retenue à attacher au canot. Mais il ne s'agit plus de U.H.F. (P.O. : 600 m.).

V. — MISE EN SERVICE D'UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR PORTATIF SUR ONDES TRÈS COURTES

332. — Les appareils portatifs sur ondes très courtes que nous avons étudiés au paragr. 288 (émetteurs O.T.C.) travaillent toujours en téléphonie; un combinateur met en service soit les circuits émetteurs, soit les circuits récepteurs; on passe d'émission à réception par cette simple manœuvre, et l'écouteur étant placé sur le même bras que le micro, *l'appareil est utilisé exactement comme un appareil téléphonique.* (Revoir paragr. 286-7.)

Auparavant, la mise en service a été effectuée.

Si l'émetteur-récepteur O.T.C. n'est pas à quartz (exemple ER 1), on procède selon la méthode générale suivante :

1° Déploiement de l'antenne télescopique et allumage des lampes par le rhéostat de chauffage ou le contacteur.

2° Réglage du condensateur d'émission sur la graduation correspondant à la longueur d'onde choisie pour le trafic; *ce réglage ne devra plus être retouché* (sur les appareils récents, la longueur d'onde est fixée à l'avance par réglage intérieur).

3° Appel du correspondant « Allo! Allo, ici poste XY (indicatifs) comment recevez-vous; » répété trois fois, puis on passe sur réception (simplement en lâchant le contact du combiné téléphonique, sur les appareils récents).

4° Recherche du correspondant par le condensateur variable de réception. Une fois trouvé, le réglage de réception n'est plus changé. Le poste est réglé d'avance, comme l'émetteur, sur les appareils récents.

5° Si le correspondant n'est pas trouvé après deux minutes, on renouvelle l'appel comme indiqué en 3°, et repassant sur réception, on cherche à nouveau le correspondant (4°). La prise de contact étant faite, on ne doit plus toucher aux réglages, et on utilise l'appareil commme un poste téléphonique.

333. — Liaisons O.T.C. sur ondes dirigées. — Certains appareils O.T.C. à ondes dirigées peuvent être mis en service : le rayonnement est concentré dans la direction du correspondant grâce à un « réflecteur », antenne secondaire parallèle à l'antenne d'émission. De grandes possibilités sont susceptibles d'être mises en valeur dans ce domaine pour l'amélioration du facteur « discrétion » dans les conversations radiotéléphoniques des réseaux avancés.

Les faisceaux d'ondes dirigées sont réalisés désormais, non seulement sur ondes très courtes (3 m., 5 m., 7 m., 9 m. de longueur d'onde), mais sur ondes ultra-courtes : ondes centrimétriques, grâce

aux lampes à « modulation de vitesse », où la répartition des charges électroniques dans la lampe permet de créer, sans circuit oscillant extérieur, des oscillations de quelques centimètres de longueur d'onde (tubes magnétrons et klystrons, voir paragr. 266 *ter*).

L'application actuelle de ces faisceaux d'ondes dirigées constitue le plus grand service rendu par la Radioélectricité dans la guerre moderne : *la détection des obstacles*, voir paragr. 302-4 (*radars*).

Nous avons donné au paragr. 302 *bis* les caractéristiques d'un aérien dipôle tournant (SADIR) pour radiogoniométrie sur ondes de quelques mètres. Nous avons donné au nouveau paragraphe 302 *ter* le principe de fonctionnement des appareils alliés détecteurs d'obstacles dits *Radars*, en citant les types très divers de détecteurs terrestres, côtiers ou d'aviation qui rentrent sous cette dénomination.

L'altimètre radioélectrique utilise aussi le principe des impulsions, ou trains d'ondes ultra-courtes très brefs réunis en faisceau; le radar est sous l'avion, l'écho revient du sol et inscrit sur le tube cathodique, par un crochet lumineux sur l'échelle de distances, l'altitude avec une très grande précision permettant l'atterrissage « dans le noir ».

Les *radiophares d'atterrissages* utilisent des émetteurs O.T.C. : deux balises, une à trois kilomètres du terrain, l'autre en lisière, envoient les signaux qui sont maximum quand l'avion passe à leur zénith (revoyez paragr. 302 *bis* sur le radio-guidage O.T.C.). La longueur d'onde, à TOULOUSE-FRANCAZAL, par exemple, est de 9 mètres.

Signalons une installation récente : 3 projecteurs d'ondes centimétriques (20 cm) de forme parabolique concentrent 3 faisceaux qui convergent. Leurs diagrammes de rayonnement se recoupent et donnent un plan de guidage (axe de marche de l'avion) et une courbe d'atterrissage (courbe d'altitude décroissante). Les trois émettent des tops modulés selon 3 fréquences différentes. Le récepteur à bord de l'avion sélectionne les signaux grâce à 3 filtres BF, et applique les tensions de sortie à un tube cathodique : la tache lumineuse est simplement à maintenir au centre de l'écran, par le pilote; quand il y arrive, il est à la fois en exacte direction et à l'exacte altitude.

VI. — MISE EN SERVICE D'UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR POUR VÉHICULES (CHARS)

(MODULÉ EN FRÉQUENCE)

333 *bis*. — Exemple : les SCR 508 et 528. — L'émetteur de cet ensemble pour chars a été décrit au paragr. 293-5 et le récepteur donné aussi comme exemple au paragr. 315 *bis*.

L'alimentation a été décrite au paragr. 324-2.

Nous ne rappellerons donc que l'essentiel, en vue de la mise en service.

L'émetteur et le ou les récepteurs sont groupés sur un *panneau de montage* et placés par exemple dans le caisson gauche latéral d'un char léger. Le panneau, boulonné, porte toutes les connexions qui associent l'émetteur et le (ou les 2) récepteurs. Les *contacts de masse* des panneaux sur le châssis de la voiture ou du char sont à soigner (boulons bien serrés).

Le branchement de la liaison à l'antenne pour ces ensembles 508-528 a été donné en exemple au paragr. 326.

Le branchement des alimentations se fait par les câbles à fiches; les alimentations (convertisseurs) doivent être en place dans les coffrets respectifs, émetteur et récepteurs; sur les bornes du panneau de montage, viennent se brancher les deux pôles de la batterie du véhicule.

Sur les SCR 508-528, le modulateur de l'émetteur sert d'ampli BF de bord; sur les installations SCR 538, un ampli téléphonique est nécessaire parce qu'il n'y a pas d'émetteur. Cet ampli se monte sur le panneau de montage tout comme le ou les récepteurs, et il possède aussi son convertisseur tournant pour son alimentation haute tension (200 volts). L'*ampli* comporte comme commandes : un interrupteur on-off, une lampe-témoin et un bouton de volume sonore.

Les *microphones* de ces installations sont de trois types : à charbon (T 17), laryngophone (T 30) et magnétique (T 31). Les microphones non laryngophones doivent être tenus verticalement, lèvres affleurentes, articuler distinctement.

Les *postes téléphoniques* de bord comprennent : micro-casque, leurs branchements par transformateurs permettent le montage en multiplex. Un bouton pour volume sonore, et une commande est prévue pour attaquer l'émetteur radio (sur SCR 508 et 528), à partir du réseau téléphonique de bord.

L'*émetteur de bord* de 30 watts-antenne de sortie, portée 8 à 11 km, ou 24 à 32 km en terrain dégagé, porte 10 boutons-poussoirs pour choix parmi 10 fréquences de travail pré-réglées (choisies parmi les 80 possibles sur cet appareil entre 20.000 et 27.900 Kc/s, par changement des 10 quartz et réalignement des circuits).

L'émetteur est mis en service par un interrupteur ON-OFF avec lampe-témoin. Un autre interrupteur, appelé TANK-OTHER, permet sur la première position citée le fonctionnement malgré un bruit environnant avec bruit ambiant normal.

Un commutateur « RADIO-INTERPHONE » permet de diriger le micro soit sur l'émetteur, soit sur le réseau téléphonique de bord. Une vis de réglage « SIDETONE » ou « INTERPH. » permet le dosage de la puissance en téléphone.

Le *premier essai*, permettant le contrôle du modulateur de l'émetteur, est fait avec ce commutateur sur « INTERPH. », le contacteur RECEIVER TUNE - OPERATE sur OPERATE et un contacteur spécial du récepteur sur INT. ONLY. Le micro attaque alors le circuit de bord par le modulateur et une conversation permet le contrôle. Quand le réseau répond, il faut mettre le commutateur « RADIO-INTERPHONE » sur « radio », et on doit l'entendre.

Pour terminer avec les réglages de l'émetteur, signalons que le contacteur RECEIVERTUNE - OPERATE, permet à l'émetteur sur la première position d'attaquer le récepteur et de servir ainsi de générateur HF pour l'alignement des circuits de réception. Sur « OPERATE », l'émetteur attaque l'antenne : il est en position de fonctionnement.

Ceci dit, et vérifié, il est maintenant nécessaire d'enclancher sur l'émetteur d'une part, et sur le récepteur d'autre part, le poussoir correspondant à la fréquence de travail choisie aussi par les correspondants (d'après l'horaire adopté par le commandant d'unité).

Le *récepteur* est un superhétérodyne pour modulation de fréquence, gamme 20.000 à 27.900 Kc/s, sortie 2 watts modulés. Il a 10 fréquences d'accord préréglées, accord par simple enfoncement d'un bouton-poussoir.

Les installations SCR 508 ayant deux récepteurs à bord, les fréquences préréglées sur chacun sont différentes, et en réception on peut donc en recevoir 20 par poussoir. L'installation peut alors faire partie de deux réseaux radio différents et avoir deux fréquences de travail. Lorsqu'aucun poussoir n'est enclanché, et qu'on enfonce le contact « push to tune », on peut accorder le poste sur une fréquence quelconque, par condensateur variable « *tuning* ».

Un interrupteur permet soit « RADIO et INTERPH. », soit « INTERPHONE »

(1) *Une puissance d'émission double, 60 watts-antenne, si elle était possible, n'augmenterait la portée que de 19 %. Il vaut mieux, on le voit, dégager les deux postes transmetteurs et choisir les points élevés.*

seul (réseau téléphonique du bord), dirigeant soit la radio, soit le réseau sur le casque de l'opérateur.

Le haut-parleur est mis en service par un contacteur : sur « ON », il est mis en « sortie du récepteur » et on ne doit pas entendre l'opérateur présent. Le haut-parleur est aussi mis en service par le contacteur *de l'émetteur* placé sur « RECEIVER TUNE » (alignement du récepteur sur l'émetteur).

POUR ETRE PRET au fonctionnement, après avoir vérifié les points ci-dessus, on met l'émetteur sur « OPERATE ». L'inverseur émission-réception placé sur le combiné micro-émetteur de chaque opérateur mettra alors l'émetteur en route rien qu'en appuyant sur ce contact du combiné (position « parole ») et le convertisseur HT pour les étages HF de l'émetteur s'arrête dès qu'on relâche ce contact (position « écoute »).

On met sur RADIO tous les commutateurs de l'émetteur et des récepteurs ayant cette position mentionnée. On met en route le récepteur par l'interrupteur d'alimentation REC, on attend 15 secondes pour le chauffage des tubes.

Casques branchés, haut-parleur sur « ON », on met alors hors service l'interrupteur de l'antiparasites « SQUELCH » en le mettant sur « OFF ».

La *sensibilité* (potentiomètre « SENSITIVITY ») doit être poussée d'abord (vers la droite), puis si l'on capte le signal émis ailleurs sur la fréquence prévue, on évalue le niveau de bruit (parasites reçus). Si le signal capté est faible devant le niveau des parasites, c'est l'antifading, faible pour une réception faible, qui laisse aux tubes le maximum d'amplification. On modère alors le réglage extérieur de sensibilité (ramené vers la gauche), de façon à ce que la lampe-témoin du récepteur dite lampe d'appel, s'éteigne juste en même temps que le signal disparaît.

On doit pouvoir alors retrouver la réception en mettant SQUELCH sur « ON », et avec moins de parasites.

Avec SQUELCH sur « OFF », le signal capté étant trouvé suffisamment supérieur au niveau de parasites, la sensibilité du récepteur est maximum, mais l'opérateur fatigue.

La puissance sonore est réglable par le potentiomètre BF « VOLUME ».

Mise au point. — *L'accord d'antenne*, en réception, se fait par un ajustable « trimmer », vers 27.000 Kc/s, en un point où il n'y a pas de signal capté, de façon à augmenter le niveau de bruit, le SQUELCH étant sur « OFF », le VOLUME au minimum de bruit capté, le récepteur en position de fonctionnement comme indiqué précédemment, et l'accord sur 27.000 Kc/s, étant obtenu par le « tuning » déjà décrit, en haut de gamme d'ondes.

L'émetteur étant branché comme il a été indiqué, son convertisseur HT 625 volts doit démarrer lorsqu'on appuie sur la manette du combiné, mais il faut s'assurer qu'une des fréquences d'émission est bien en service, par enfoncement d'un des poussoirs.

On peut *contrôler les circuits d'émission* de la manière suivante :

— Antenne à débrancher, et mise de l'antenne fictive entre la borne TR et la borne de *masse du panneau.*

— Commutateur TUNE-OPER sur OPERATE (fonctionnement).

— Commutateur TUNE-ANT. CURR. sur la 2e de ces positions (courant d'antenne).

— Commutateurs sur RADIO.

— Interrupteur d'émission TRANSMITTER sur « ON » (fonctionnement).

La lampe-témoin doit s'allumer. La mise en route de la HT émission, lors du contact sur le combiné micro-émetteur, se révèle alors par la déviation de l'appareil de mesures.

Ceci peut se vérifier sur chacune des 10 fréquences d'émission, en enfonçant toujours le nouveau poussoir pendant que le contact du combiné micro-écouteur est relâché. On l'enfonce après.

— On peut ensuite mettre sur TUNE l'interrupteur TUNE-ANT. CURR., et on peut lire alors les mesures obtenues sur les six positions du contacteur de l'appareil de mesures.

Voici à quoi elles correspondent, et des exemples de lectures normales :

	sur environ 20 Mc/s	27,9 Mc/s
1. Courant grille de la tripleuse....	20	30
2. Courant grille de la 1re HF....		
3. Courant grille de la redresseuse	40	25
pour modulation en phase	20	25
4. Courant grille de la doubleuse..	25	40
5. Courant grille de l'ampli HF....	15	20
6. Courant total plaque et écran HF.	60	60

Remarques. — I. Pour être en position de transmettre dès que nécessaire, il ne faut pas omettre de remettre en position OPERATE (fonctionnement) l'inverseur TUNE-OPER. II. Il ne faut pas faire durer l'émission plus de 4 à 5 minutes, car son convertisseur HF s'échaufferait. Ne pas garder le contact du combiné enfoncé par plaisir, le relâcher toujours aussitôt parlé, pour être en position « écoute ».

Ce qui précède n'est bien entendu donné que comme *initiation*, et pour montrer l'emploi pratique des circuits que nous avons décrits dans les « émetteurs modulés en fréquence », puis dans les « récepteurs ». Avec chaque installation, les utilisateurs auront en mains la notice technique très complète d'entretien et dépannage TM 11-600, traduite en français.

QUARANTE-TROISIÈME LEÇON

PRINCIPES DE LECTURE AU SON ET MANIPULATION

La formation « morse » du Radio télégraphiste aura été entreprise parallèlement à l'étude technique conduite par cet ouvrage; cependant, avant d'aborder le problème des radiocommunications « écoute et transmission » nous tenons à résumer ici les principes fondamentaux de la radiotélégraphie, *lecture au son* et *manipulation* dont les instructeurs auront déjà entrepris l'enseignement pratique.

334. — Alphabet Morse. — La radiotélégraphie reste la base essentielle des radio transmission militaires, maritimes et aériennes, mais la radio-téléphonie s'est imposée pour les liaisons rapides à l'intérieur des unités combattantes. La radiotélégraphie reste seule adoptée pour les autres liaisons.

En effet, les signaux morse en précisant chaque lettre du télégramme permettent seuls la transmission sûre d'ordres *précis, écrits,* qui, par le chemin de la radiotéléphonie, resteraient des ordres verbaux, avec un risque d'erreurs *dans les parties chiffrées,* bien plus considérable.

De plus, *les brouillages affectent bien moins les signaux Morse,* la liaison est plus sûre, et maintes fois avec un appareil graphie-phonie, on abandonnera la transmission en « phonie » pour celle en graphie en cours de travail, la liaison étant ainsi meilleure.

L'alphabet Morse donne pour chaque lettre, pour chaque chiffre, pour chaque signe de ponctuation, un signal correspondant formé par l'association de « traits » et de « points ».

1° *Un trait est un signal prolongé ayant trois fois la durée du point.*

2° *L'intervalle entre deux points, deux traits, ou un point et un trait, dans une même lettre, est égal à la durée d'un point.*

L'intervalle entre deux signaux (groupes de points et traits correspondant à une lettre) *est égal à la durée d'un trait.* L'alphabet Morse complet est représenté dans la planche page suivante.

335. — Manipulation. — Les règles ci-dessus sont rigoureuses. La « lecture au son » impose au manipulant le respect rigoureux de la CADENCE, c'est-à-dire des intervalles indiqués ci-dessus, qui donneront à chaque signal une forme immuable le faisant reconnaître automatiquement de tout opérateur à l'écoute; celui-ci doit auto-

A	· —	M	— —	1	· — — — —	*Point.*	· — · — · —
À	· — — · —	N	— ·	2	· · — — —	*Virgule,*	— — · · — —
B	— · · ·	O	— — —	3	· · · — —	*Point virgule ;*	— · — · — ·
C	— · — ·	P	· — — ·	4	· · · · —	*Deux points :*	— — — · · ·
D	— · ·	Q	— — · —	5	· · · · ·	*Point d'interrogation ?*	· · — — · ·
E	·	R	· — ·	6	— · · · ·	*Moins –*	— · · · · —
É	· · — · ·	S	· · ·	7	— — · · ·	*Apostrophe '*	· — — — — ·
F	· · — ·	T	—	8	— — — · ·	*Guillemets "*	· — · · — ·
G	— — ·	U	· · —	9	— — — — ·	*Parenthèses)*	— · — — · —
H	· · · ·	V	· · · —	0	— — — — — ou ———	*Souligné*	· · — — · —
I	· ·	W	· — —			*Traits de séparation*	— · · · —
J	· — — —	X	— · · —				
K	— · —	Y	— · — —			Barre de fraction...........	— · · — ·
L	· — · ·	Z	— — · ·			Séparation entre nombre entier et fraction	· — · · · —

L'alphabet Morse.

matiquement écrire la lettre ou le chiffre correspondant sans avoir à réfléchir.

La vitesse n'est pas à rechercher par le manipulant qui débute; il doit d'abord obtenir la cadence.

REMARQUE : Chaque lettre doit être apprise, puis manipulée lentement un grand nombre de fois en rectifiant chaque erreur de cadence. Certaines lettres sont mal manipulées par les débutants qui doivent, sitôt le défaut remarqué, s'efforcer de rectifier, afin de ne pas devenir prisonniers d'une mauvaise habitude.

EXEMPLES : la lettre C. Elle est souvent « coupée » au milieu comme si le signal était -. -. (soit deux *N*). Il faut arriver à transmettre -.-. avec le même intervalle bref après le premier point qu'avant le premier point. La « musique » de cette lettre très caractéristique, donne, pour une bonne manipulation, un véritable « rebondissement » du son en passant du point au trait, sans qu'il y ait coupure.

336. — Lecture au son : méthodes d'entraînement. — On a tenté d'imaginer des méthodes compliquées pour retenir rapidement l'alphabet Morse. La seule de ce genre que nous ayons vu donner des résultats est basée sur l'écriture des lettres majuscules à l'aide du nombre de points et de traits qui leur correspondent en Morse.

EXEMPLE : O = ∇ (- - -)

Cette méthode, que G. Laroche a mis au point dans un traité que nous pouvons recommander ici : « L'alphabet Morse en dix minutes » (1) a été reprise par certains manuels qui ont dû la déformer pour ne pas la reproduire textuellement et elle aboutit alors à encombrer la mémoire, au lieu de l'aider. D'autres préconisent d'apprendre l'alphabet morse par cœur, d'après un tableau groupant les signaux par similitudes, symétries et contraires. Exemple de contraires : f - l.

Mais la seule vraie méthode pour les Radios consiste à apprendre l'alphabet par l'éducation de l'oreille.

L'instructeur compose les premiers exercices avec quelques lettres seulement, les plus simples (e - i - s - h) puis (t - m - o - ch -). Il ajoute progressivement une ou deux lettres non encore étudiées.

Chaque lettre est manipulée rapidement, à sa cadence normale : ainsi sa « musique » devient familière à l'élève. *Mais on laisse de grands espaces entre chaque lettre.*

Ces espaces seront réduits au fur et à mesure de la formation de l'élève.

Il ne faut pas transmettre de mots en clair, mais seulement des lettres sans suite, afin d'éviter la prévision des lettres à venir. Au reste, les télégrammes militaires sont souvent des télégrammes chiffrés.

(1) *L'alphabet Morse en dix minutes*, un fascicule chez Etienne CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6e).

L'opérateur doit écrire automatiquement les signes d'après les sons entendus par son oreille, sans réflexion. Cette éducation est *très rapide*, elle ne se « perd » pas, et seule la *vitesse possible* faiblit, lorsque l'on interrompt l'entraînement.

En France, une méthode d'entraînement complet enregistrée sur disques a été créée et suffit pour former complètement les opérateurs radio. En réglant la vitesse du phonographe, on peut encore modifier la cadence des signaux qui déjà est graduée d'un disque à l'autre, et qui va jusqu'à 1.500 mots/heure, manipulation par poste automatique, avec brouillage, ce qui met l'élève exactement dans les conditions d'écoute de travail. Même des radios professionnels entraînés l'utilisent pour ne pas perdre l'habitude des ponctuations qui sont souvent absentes de leur trafic quotidien (1).

337. — Vitesse de manipulation. — On l'exprime soit en « signes à la minute » comme les marins, soit en « mots à l'heure », comme les militaires. Le mot est alors supposé contenir 5 lettres ou signes.

Une vitesse très ordinaire est : 600 mots à l'heure (50 signes-minute). On manipule normalement à des vitesses comprises entre 900 et 1.200 mots à l'heure (75 à 100 signes-minute).

Le radio entraîné « prend » sans aucune erreur à 1.200. *Il n'y a pas lieu de s'effrayer de l'automatisme à obtenir ou des vitesses à atteindre.* Cela s'obtient seul, simplement par la pratique : il suffit donc d'un entraînement suffisant.

La lecture au son à 1.500 mots/heure est courante. De plus en plus on demande aux opérateurs civils de savoir taper rapidement à la machine à écrire, et au fur et à mesure que les signaux sont entendus, ils tapent les lettres correspondantes.

Des postes automatiques sont utilisés pour la manipulation à ces grandes vitesses, mesurées en *bauds*; 50 bauds = 1.500 mots/heure.

PRIMAUTÉ DE LA RADIOTÉLÉPHONIE DANS LE TRAFIC DIRECT ENTRE POSTES D'ESCADRILLE

Désormais les liaisons à faible distance pour la transmission d'ordres de groupes, où la rapidité d'exécution importe plus que la discrétion, sont assurées en *phonie*. La *phonie* est aussi employée pour transmission d'ordres d'Etat-Major, mais alors les télégrammes sont *chiffrés* (mots de code). Enfin, certains émetteurs-récepteurs de phonie ont un dispositif de brouilllage à l'émission, brouillage démodulé à la réception, que l'on dénomme « téléphonie secrète ».

(1) Méthode enregistrée de L'ECOLE CENTRALE DE T.S.F., 12, rue de la Lune - Paris (2e).

QUARANTE-QUATRIÈME LEÇON

MÉTHODE D'EXPLOITATION D'UN RÉSEAU ET EXPLOITATION EN TRAFIC LIBRE

Le groupement des postes émetteurs-récepteurs en *réseau* est un mode d'exploitation assez fréquent en campagne. Nous verrons ensuite l'exploitation par trafic libre, celui des postes de navires et des liaisons à grande distance.

Le matériel moderne, actuellement en prototypes, qui permettra le choix entre des centaines de canaux pré-réglés en fréquences, permettra aussi l'exploitation avec fréquences réservées à chaque correspondant vers un poste central re-distribuant les communications, grâce à un groupe récepteurs-émetteurs interconnectés. Ce n'est encore qu'une vue d'avenir.

338. — Postes formant le réseau. — Dès qu'il y a plus de deux postes correspondants, les émetteurs-récepteurs peuvent former un réseau. Chaque poste doit :

1° Recevoir les télégrammes qui lui sont destinés et qui peuvent être émis par l'un quelconque des postes du réseau.

2° Transmettre des télégrammes destinés à l'un ou à l'autre des postes du réseau, ou à plusieurs d'entre eux.

En conséquence, le fonctionnement normal du réseau sera assuré :

1° *Si tous les postes en dehors des émissions de télégrammes qu'ils ont à effectuer, sont sur réception;* les opérateurs étant constamment à l'écoute.

2° *Si tous les postes émettent sur la même longueur d'onde,* ainsi chacun écoute à la fois tous ceux qui peuvent transmettre.

3° *Si chaque poste avant de commencer une émission s'assure par son récepteur qu'aucun autre poste du réseau n'est en train d'émettre. Le réseau doit être silencieux pendant deux minutes au moins après le passage d'un télégramme par un autre poste.* La longueur d'onde étant commune, cette discipline est indispensable.

4° *Si chaque poste possède un « indicatif » qui est mentionné par l'expéditeur du télégramme qui lui est destiné.* Seul le poste intéressé notera alors la suite du télégramme.

339. — Poste directeur du trafic du réseau ou P.C.R. — — Les conditions rigoureuses de fonctionnement du réseau énumérées au paragraphe précédent, demandent non seulement une discipline, mais un ordre établi; l'établissement de cet ordre, autrement dit la

direction générale du trafic entre les postes, appartiendra à l'un d'eux : on l'appelle P.C.R. ou station directrice du réseau.

Le P.C.R. sera généralement l'émetteur-récepteur placé près de l'autorité la plus élevée (état-major supérieur) ou près du point d'où partiront en général les ordres (observatoire de l'officier de tir dans le cas d'un réseau d'artillerie, par exemple).

RÔLE DU P.C.R. — Son rôle, diriger le trafic, comprend essentiellement les opérations suivantes :

1° *A l'heure convenue pour l'établissement du trafic, « caler le réseau »*, si nécessaire, c'est-à-dire contrôler et faire rectifier la longueur d'onde d'émission de chaque poste du réseau, pour qu'ils travaillent tous exactement sur la même longueur d'onde, la longueur d'onde de base étant celle émise par le P.C.R. Nous indiquerons au paragraphe 344 la méthode de calage d'un réseau.

2° *En cas de brouillages par suite d'émissions simultanées de plusieurs postes, interrompre le trafic et le faire reprendre en « réseau dirigé »*, où il donnera lui-même l'ordre d'émettre à chacun des postes (voir réseau dirigé, paragraphe 343).

3° *Transmettre à tous les postes du réseau les consignes de service* (modifications de longueur d'onde, suspensions de trafic, fin de travail, etc...).

340. — Postes secondaires. — Ce sont les autres postes du réseau autre que le P.C.R. Ils sont en principe sur écoute (réception), ils passent en émission d'eux-mêmes lorsqu'ils en ont le besoin et lorsque le réseau est silencieux depuis au moins deux minutes, ils se remettent en réception sitôt le télégramme émis.

On peut distinguer :

1° l'écoute en vacation par tous, à certaines heures convenues;

2° l'écoute dirigée : le P.C.R. écoute en permanence, les autres aux heures convenues;

3° l'écoute permanente par tous.

Cependant, les stations secondaires seront sous les ordres du P.C.R.:

1° *Au début du trafic, pour caler le réseau*, en modifiant leurs réglages d'après les injonctions du P.C.R.

2° *Dès que le P.C.R. lance l'avis du réseau dirigé* (Q R T) (voir paragraphe 343) en n'émettant plus que sur ordre du P.C.R. :

La station expéditrice doit alors demander au P.C.R. le droit de transmettre à tel destinataire (voir exemple paragr. 343).

341. — Equipement d'un poste du réseau. — Chaque poste de campagne possède :

1° Son équipement en matériel; 2° son personnel; 3° ses archives.

LE MATÉRIEL comprend en général :

— *Un matériel antenne-contrepoids* complet, — de préférence marqué aux numéros de l'appareil émetteur-récepteur, afin d'être toujours le même — complété par les accessoires de montage d'antenne (rouet, masse, piquets, etc...). Dans les ensembles

à ondes très courtes, les antennes et contre-poids sont rigides et se développent (tubes télescopiques). Dans les montages sur voitures les antennes y sont fixées.

— *Un poste émetteur-récepteur*, en un ou plusieurs coffrets,
— *Un équipement d'alimentation et un équipement d'alimentation de secours* (exemple « boîte machine à main et 1 boîte-piles). Dans les voitures radio, l'alimentation (convertisseur sur les accus du bord) peut être fixe.
— *Une boîte d'accessoires :* accessoires du poste : casques, micros, lampes de rechange, canifs, et les archives.
— *Une tente-abri*, pour le poste et l'opérateur. Mais elle tend à disparaître, puisque les postes mobiles sont souvent montés sur voitures.

LE PERSONNEL comprend en général :

— Un gradé (*chef de poste*) ou faisant fonction.
— Et trois hommes (*radios*).

Ces hommes et le chef de poste assurent :

1° Le transport du matériel du véhicule au lieu d'installation;

2° L'installation (voir paragraphes 325 à 327) ;

3° Le service *continu* du poste (les opérateurs se relayent).

LES ARCHIVES peuvent comprendre :

— 1 *procès-verbal d'exploitation* « le grand-livre » de l'opérateur où tout s'inscrit, émissions et réceptions. — Le paragraphe 354 indique son usage.
— 1 *carnet de départ* où est inscrit chaque télégramme avant sa transmission.
— 1 *carnet d'arrivée et de transit* où on recopie chaque télégramme reçu et que l'opérateur a noté sur son procès-verbal d'exploitation.

De plus, les archives du poste comprennent, *les tableaux d'étalonnage* pour le réglage du poste (généralement fixés sur l'appareil), les *consignes du réseau, la liste des indicatifs*, des postes qui forment le réseau, et un *répertoire de condensation* qui porte toute les abréviations qui peuvent être employées dans les télégrammes de service.

342. — Indicatifs. — C'est le « nom » du poste; il est formé généralement de trois lettres : exemple : DBK, LMX... Il est mentionné au début lorsqu'on emploie la méthode « T », il est suivi de l'indicatif du poste auquel est destiné le télégramme; entre les deux indicatifs, le signal « T » intercalé prévient le second qu'il a un télégramme à recevoir du premier. Le tout constitue l'appel en procédure « T ».

EXEMPLE : « DBK T LMX » signifie : LMX est appelé par

le poste DBK. Nous verrons ces formules au chapitre « écoute et transmission » (paragr. 350 et 353).

Hors du régime « T », c'est-à-dire lorsque cette lettre ne figure pas (seule) dans l'appel, le premier indicatif donné est celui de l'appelé, suivi par « *de* », puis l'indicatif de l'appelant.

Exemple : LMX DE DBK.

343. — Réseau libre. — Réseau dirigé. — Le réseau exploité normalement selon les conditions indiquées au paragraphe 338 est un « réseau libre ». Le P.C.R. contrôle la bonne marche du trafic. S'il y a brouillages le P.C.R. établit le « réseau dirigé ».

1° Il coupe tout le trafic en envoyant deux fois l'appel : CQ BTS QRT, puis le signal de fin de transmission (AR).

2° Chaque poste ayant à transmettre dit à qui il veut transmettre un télégramme en utilisant $\overline{\text{INT}}$, puis il attend l'ordre du P.C.R. Dans les exemples d'écoute et transmission, paragr. 352, nous montrons des exemples de ce cas.

3° Pour faire taire toutes émissions, le P.C.R. peut envoyer HM (. . . . - -) répété trois fois, ce qui signifie « silence ».

344. — Calage d'un réseau. — Ce chapitre enseignera la méthode de « calage » d'un réseau, opération essentielle pour que le trafic puisse s'établir et qui, avec des radios ayant un peu de pratique, s'effectue en quelques minutes.

Il est bien entendu que dans le cas de liaison entre deux correspondants, le « calage » est inutile, chacun règle son récepteur de façon à capter l'émission de l'autre.

Au contraire, en réseau, chacun devant pouvoir entendre tous les autres à peu près sur le même réglage de réception, il faut que tous travaillent sur la même longueur d'onde.

MÉTHODE CLASSIQUE DE CALAGE D'UN RÉSEAU. — Les télégrammes transmis entre les postes pour réussir ce calage sont très simplifiés grâce aux abréviations suivantes.

$\overline{\text{AR}}$	:	j'ai fini de transmettre
Groupes du Code Q	QHF :	votre fréquence est trop haute, diminuez-la;
	QLF :	votre fréquence est trop basse, augmentez-la;
	QMF :	votre fréquence est juste.

En effet, voici comment seront conduites les opérations de calage :

1° Chaque poste (P.C.R. comme postes secondaires) règle son émetteur d'après les indications de son tableau d'étalonnage correspondant à la longueur d'onde qui a été fixée.

2° Chaque poste règle de même son récepteur sur cette longueur d'onde approximativement.

A l'heure prévue, le P.C.R. passe sur émission et appelle l'un des postes secondaires. Supposons que le P.C.R. s'appelle XAB et que le réseau comprend en plus de XAB, trois postes secondaires WDX, MSK et KGL (le P.C.R. évite de dire son indicatif).

1° Le P.C.R. appelle WDX et l'invite à transmettre :

WDX WDX QSV K

(QSV signifie : envoyez des signaux de réglage).

2° Le P.C.R. passe sur réception et cherche à capter la réponse de WDX. Celle-ci est la plus simple possible :

WDX V V V V V $\overline{AR}$.

3° Le P.C.R. a noté soigneusement le réglage de son récepteur sur lequel il a reçu WDX. Il appelle maintenant MSK :

MSX MSK QSV K.

4° Le P.C.R. passe sur réception et cherche à capter la réponse de MSK; celle-ci est simplement :

MSK V V V V V V V $\overline{AR}$.

5° Le P.C.R. note de combien de divisions ou de combien de kilocycles le réglage pour recevoir MSK est différent du réglage pour recevoir WDX. Il va faire rectifier d'autant le réglage de MSK afin que les deux postes émettent sur la même fréquence, donc sur la même longueur d'onde.

Exemple : la fréquence de MSK est supérieure de sept kilocycles à celle de WD.

MSK MSK QHF 7 QSV K

6° MSK diminue sa fréquence de 7 kilocycles et transmet simplement :

MSK V V V V V $\overline{AR}$.

7° Le P.C.R. note la graduation sur laquelle il reçoit maintenant MSK, si elle est la même que pour la réception de WDX, le calage est effectué pour ces deux postes : WDX et MSK ont la même longueur d'onde. Le P.C.R. appelle maintenant le troisième poste secondaire : KGL et répète avec lui les opérations 3°, 4°, 5°, 6°, 7°

Au contraire, si la rectification de MS n'avait pas été suffisante pour lui donner le même réglage que WDX, le P.C.R. l'ayant constaté aurait d'abord rappelé MSK une nouvelle fois pour lui indiquer une nouvelle rectification, afin d'arriver au résultat.

Lorsque le P.C.R. a réussi à donner la même longueur d'onde à chacun des trois postes secondaires, il lui reste à se régler lui-même sur leur longueur d'onde.

Pour cela, il va appeler l'un des trois postes (KGL par exemple) et va lui demander de comparer les réglages de réception pour son émetteur et l'un des autres postes. KGL va alors jouer le rôle de P.C.R. et diriger la rectification de l'émetteur XAB.

Le réseau est « calé ».

345. — Méthodes « automatiques » de calage du réseau. — Les émetteurs-récepteurs récents permettent facilement à chaque poste secondaire de trouver grâce à l'ondemètre ou à une hétérodyne de battement sur quelle longueur d'onde travaille le P.C.R. Chaque poste refait ensuite son réglage d'émetteur d'après cette valeur; le P.C.R. sert donc de base et tous arrivent à se régler ainsi sur la même longueur d'onde que lui.

MÉTHODE DE CALAGE AUTOMATIQUE A L'AIDE DE L'HÉTÉRODYNE DE BATTEMENT. — Celui qui reçoit émet un faible signal en entretenues pures, grâce à une hétérodyne secondaire dite « de battement »; en même temps, le récepteur incorporé capte le poste directeur. Celui-ci a transmis le signal d'avertissement QPF puis le signal de calage QWF VVVV... On règle la fréquence de l'hétérodyne de façon à ce que le battement obtenu devienne un sifflement très grave, puis nul (*battement zéro*). Sans toucher au réglage de l'hétérodyne, on met l'émetteur en service, et on le règle de façon à ce que dans le récepteur ce signal (qui remplace l'émission captée auparavant) donne aussi le battement zéro avec l'hétérodyne de battement qui continue à fonctionner. L'émetteur a alors la même fréquence que le signal capté auparavant par le récepteur.

MÉTHODE DE CALAGE AUTOMATIQUE A L'AIDE D'UN ONDEMÈTRE INCORPORÉ. — 1° L'émetteur étant réglé approximativement l'opérateur passe ses réceptions, et capte le P.C.R. qui émet des V de réglage. On règle le dispositif de réaction du récepteur juste sur l'accrochage, le correspondant est alors étouffé complètement sur un point précis du réglage du condensateur variable de réception, mais il est entendu de part et d'autre de ce réglage. On le laisse sur le point correspondant au silence.

2° On place l'inverseur de l'ondemètre sur la position « mesure », la réception se trouve rétablie, on déplace alors le réglage de l'ondemètre très lentement, de façon à ce que sans toucher au condensateur de réception, le silence soit à nouveau établi. On sort un peu plus le tiroir de l'ondemètre et on retouche le réglage de l'ondemètre jusqu'à ce que le silence ne soit plus possible que pour un point très précis de ce réglage.

L'ondemètre est alors réglé sur la même longueur d'onde que l'émetteur du poste directeur de trafic.

3° On décale légèrement le condensateur de réception, de façon à entendre le correspondant : la réception est à nouveau réglée. On passe sur « émission ».

4° On règle à nouveau le condensateur variable d'émission sur le nouvau réglage de l'ondemètre, selon le procédé décrit ci-dessus.

On remet l'inverseur de l'ondemètre sur « travail ».

Emetteur et récepteur sont réglés alors sur la longueur d'onde du correspondant. Le trafic (télégrammes) peut s'échanger.

5° On se place sur « réception » en permanence; on ne se met en « émission » que pendant le temps où l'on a à émettre.

Ces méthodes demandent à chaque chef de poste un peu d'habileté, d'ailleurs vite acquise, mais elles sont de beaucoup plus rapides que le calage par celle du paragr. 344.

346. — Mode d'exploitation pour postes à grand trafic : trafic libre. — Le trafic « libre » des postes de bord est essentiellement :

— une écoute permanente sur les gammes d'onde de service, avec exploration périodique de ces gammes d'onde. Nous pouvons ainsi signaler :

— que les longueurs d'onde 600 m. et 2.100 m. sur lesquelles s'echangent les appels des stations de navires et les signaux de détresse doivent être écoutées en permanence par ces stations.

— que la longueur d'onde de 900 m. sur laquelle s'échangent tous les appels de stations d'aéronefs civils doit être écoutée en permanence par ces stations.

— que la longueur d'onde de 48 m. 31 est réservée aux appels sur O.C. pour avions, et doit donc être écoutée également.

— les longueurs d'onde de travail sur lesquelles s'échangent les radiotélégrammes doivent être différentes de ces longueurs d'onde d'appel et ne peuvent être voisines; ainsi les ondes de 583 m. à 620 m. et de 2.055 à 2.143 m. sont interdites au trafic. Le trafic gonio (relèvement) s'échange sur les ondes de 779 à 822 mètres.

La réglementation internationale des radiotélégrammes (*instruction S. F.*), publiée par les Services des P.T.T., régit ce trafic officiel des navires et stations intercontinentales.

Les liaisons à grande distance sur ondes courtes se font sur deux longueurs d'onde à la fois, le récepteur comportant deux amplificateurs HF distincts accordés chacun sur l'une des longueurs d'onde de l'émission et qui, par changement de fréquence, donnent une moyenne fréquence de valeur identique.

Ainsi la transmission est assurée malgré les accidents de propagation qui peuvent affecter l'une des deux longueurs d'onde.

Le paragraphe 354 traite par ailleurs de *méthodes de trafic modernes* (leçon suivante).

Abréviations. — Le trafic international fait grand usage d'un code simple composé d'initiales dénommé « code Q ». Des groupes de trois lettres remplacent les phrases usuelles; suivies d'un point d'in-

terrogation, elles signifient une demande. Sans point d'interrogation, c'est une affirmation. EXEMPLES :

EXTRAIT DU CODE Q

QRA ?	**Nom de votre station ?**
QRB ?	**Distance entre vos stations ?**
QRD ?	Où allez-vous ? D'où venez-vous ?
QRG ?	Ma fréquence est ?
QRH ?	Ma fréquence varie-t-elle ?
QRQ ?	Dois-je transmettre plus vite ?
QSY ?	Dois-je changer d'onde sur ?
QRV ?	Etes-vous prêt ?
QTR ?	Quelle heure est-il ?
QUB ?	Donnez les renseignements météo ?
QTF ?	Donnez ma position d'après vos gonios ?
QRT	Le réseau est brouillé, attendez mes ordres pour transmettre (émis par le P.C.R., paragr. 343).
QAP ?	Faut-il encore vous écouter ?
QAP ABX ?	Faut-il encore écouter la station ABX ?
QCS 3800	Mon récepteur en panne sur gamme 3 800 kc/s.
QIF ABX ?	Quelle est la fréquence de ABX ?
QRX ?	A quelle heure me rappellerez-vous ?
QRZ ?	Qui m'appelle ?
QSA ?	Comment recevez-vous mon signal ?
QSL	Accusez réception.
QRU ?	Avez-vous un message à me transmettre ?

346 *bis*. — Classification des signaux de transmission :

A_0 Ondes entretenues non modulées, en émission constante : fréquences - étalons rayonnées par émetteurs de réglage ou de contrôle;
A_1 Graphie en entretenues pures;
A_2 Graphie en entretenues modulées;
A_3 Phonie;
A_4 Fac-similé (télé-reproduction de documents);
A_5 Télévision;

tout ceci se rapportant à la modulation en amplitude.

A_{3a} Phonie, modulation en amplitude à bande latérale unique;
F_1 Graphie par déplacement de fréquence (shifting);
FM Modulation en fréquence ou en phase;
P Modulation en impulsions;
P_a Modulation par amplitude d'impulsions;
P_e Modulation par largeur d'impulsions;
P_f Modulation par position d'impulsions.

346 *ter*. — Chiffrement de messages. — Les postes utilisent des codes convenus, des dictionnaires de chiffrement, des machines à chiffrer, ou des camouflages de textes selon le découpage fourni par une grille convenue.

(1) *Le code Q est donné dans un autre ouvrage :* les Stations radioélectriques de bord, *par* Xavier REYNES, *aux Editions Chiron, Paris.*

QUARANTE-CINQUIÈME LEÇON

ECOUTE ET TRANSMISSION

Le poste étant mis en service, les conditions de fonctionnement du réseau étant établies (indicatifs des postes, désignation du P.C.R., longueur d'onde fixée) le réseau étant calé, l'écoute et la transmission devront se faire selon des règles établies qu'il importe de respecter. On désigne ces règles sous le nom de *règles de service*.

347. — Buts des règles de service. — Elles fixent :

1° LES SIGNAUX dits « DE SERVICE » qui servent au poste pour appeler le correspondant, lui dire qu'un télégramme lui est destiné, etc.

2° LES ABRÉVIATIONS « DE SERVICE » qui donneront au correspondant les indications utiles, mais qui ne doivent pas abréger le texte du télégramme lui-même, celui-ci étant transmis intégralement.

$\overline{\text{AR}}$	*fin de transmission*	.—.—.	$\overline{\text{INT}}$	*interrogation*	..—.—
$\overline{\text{AS}}$	*attente ou attendez*	.—...	J	*vérifiez et retransmettez*	.———
$\overline{\text{BT}}$	*trait de séparation (avant ou après un texte de télégramme)*	—...—	K	*transmettez*	—.—
7 POINTS	*erreur*	....	N	*je n'ai pas reçu*	—.
G	*collationnez*	——.	$\overline{\text{PT}}$	*soulignez*	.——.—
$\overline{\text{HM HM HM}}$	*ordre de silence*	....——....——....——	R	*j'ai bien reçu*	.—.
I I	*séparation*	.. ..	T	*je demande à transmettre*	—
$\overline{\text{IMI}}$	*je répète ou répétez*	..—— ——..	VVV	*signaux de réglage*	...— ...— ...—

Fig. 315

Exemple de signaux de service. A noter : un télégramme doit toujours se terminer par K (envoyez votre réponse) ou AR (transmission terminée).

3° LA MÉTHODE D'ENVOI DES TÉLÉGRAMMES : *préambules* qui doivent précéder le texte, *découpage du télégramme en « tranches »*, ordre de *priorité* des différents genres de télégrammes.

Nous allons étudier quelques-unes de ces règles, en commençant par l'examen des signaux de service et abréviations de service.

348. — Signaux de service. — Les traits et les points qui les composent sont ceux de deux lettres *accolées*, c'est-à-dire sans qu'il y ait coupure entre elles.

Nous l'avons signalé par une barre horizontale surmontant les deux lettres. Il s'agit donc bien d'un seul signal dans chacun des cas. Le tableau de la figure 315 indique les plus importants.

Ils doivent être connus comme les lettres de l'alphabet morse, et être les seuls employés pour chaque cas considéré.

REMARQUES SUR LEUR EMPLOI :

K doit être envoyé à la fin de chaque transmission quand on sait que le correspondant a à répondre; c'est « l'invitation à transmettre ».

$\overline{AR}$ doit terminer toute émission à laquelle aucune réponse ne doit être donnée.

349. — Abréviations de service. — Elles sont formées de 2 ou 3 lettres à envoyer *distinctement*, comme les lettres d'un mot.

Nous ne donnerons que les principales.

OC	Télégramme ultra-prioritaire.
O	Télégramme prioritaire : urgent.
OP	Télégramme prioritaire : opérations.
P	Télégramme prioritaire simple.
R	Télégramme normal.
NM	Télégramme différé.
	L'ordre d'urgence est celui de l'énumération ci-dessus
B	(en fin de transmission) j'ai d'autres télégrammes à transmettre.
C	D'accord.
C	(Suivi d'un texte) : voici le texte exact.
F	Ne pas répondre.
CQ	J'appelle tous les postes du réseau (indicatif commun).
T	Message à retransmettre au destinataire.
FM	Le message est originaire de...
DE	Venant de...
XMT	Excepté.
TO	Les destinataires qui suivent noteront pour exécution.
INFO	Idem... pour information.

Abréviations de textes. — En plus des abréviations de service sont utilisées, cette fois dans les télégrammes même, des abréviations (groupe de 3 lettres) représentant des mots ou des phrases. Certaines étaient particulières à certaines armes (artillerie, avion). C'est le

rédacteur du télégramme ou le chiffreur qui a à les employer et non le chef de poste, celui-ci transmettant fidèlement le télégramme remis. Le code « Q » (paragr. 346) est très employé.

D'ailleurs, en temps de guerre, bien des expressions possèdent une nouvelle abréviation donnée par un *code* qui change chaque jour. Ainsi le secret de la communication est garanti. De plus, bien des télégrammes officiels sont entièrement « chiffrés », c'est-à-dire exprimés en mots de code.

350. — Appels et préambules. — Lorsque l'opérateur reçoit un télégramme à transmettre, il en rédige le *préambule*, c'est-à-dire les indications qui précèderont le texte.

Un *appel* vers la station destinataire doit précéder à l'émission du télégramme lui-même.

L'appel comprend :

1re méthode

- l'indicatif du destinataire;
- les lettres DE;
- l'indicatif de celui qui émet;
- le genre de télégramme à acheminer;
- la lettre K.

2e méthode

- l'indicatif du poste qui émet;
- la lettre T;
- l'indicatif du destinataire;
- la lettre K.

EXEMPLES D'APPELS :

XAB . T WDX K

(le poste XAB prévient le poste WDX qu'il va lui transmettre un télégramme, et lui demande de répondre).

WDX DE XAB OP K

(le poste XAB prévient le poste WDX qu'il a un télégramme prioritaire « opérations » à lui transmettre et lui demande de répondre).

WDX LKS DE LMX OP K

(LMX prévient WDX et LKS qu'il va leur transmettre un télégramme urgent d'opération).

RÉPONSE A L'APPEL. — Elle comprend :

- l'indicatif du poste qui se dit prêt à recevoir,
- l'abréviation « envoyer ».

EXEMPLES DE RÉPONSES D'APPELS :

WDX K (réponse valable pour nos 3 exemples d'appels)
LKS K (LKS répond aussi à notre 3e exemple d'appel).

Le préambule fait partie du télégramme lui-même et précède le texte.

La procédure de tête et le préambule débutent le message, elles donnent :
— l'indicatif de l'appelé (s'il y a plusieurs appelés, leur ordre donne le degré de priorité de chacun).
— les lettres D E.
— l'indicatif de celui qui émet.
— le numéro d'ordre du télégramme (un numéro spécial pour chaque destinataire).
— les abréviations G, F ou T s'il y a lieu (voir paragr. 349).
— l'urgence (OC, O, OP, P, etc..., paragr. 349).
— un nombre signifiant la date et l'heure de dépôt.
— les instructions (code Z) prévues pour l'auteur du message.
— éventuellement l'indication de l'autorité d'origine précédée des lettres FM.
— l'indication des destinataires pour exécution des ordres, précédée des lettres TO.
— l'indication des destinataires pour simple information, précédée des lettres INFO.
— l'indication des autorités non intéressées, précédée des lettres X M T (excepté).

— Le nombre de groupes de lettres ou chiffres qui forment le télégramme. On l'omet en général pour les télégrammes de service en clair, mais ceux-ci sont rares. On fait précéder ce nombre par l'abréviation GR.
— Le préambule se termine par BT, qui le sépare du texte.

EXEMPLES DE PRÉAMBULES :

1° WDX DE DKL NR 8671 T RLA 281530 ZFH GR 12 BT texte.....

Traduction : pour WDX, télégramme officiel urgent à retransmettre (T) au poste RLA, groupe " date et heure " donné par le chiffre 281530, il y a 12 mots, puis BT (séparation) et le texte...

2° WDX LRS DE DKL NR 5436 G OP 290625 FM AMG GR 14 BT texte.....
Traduction : pour WDK et LRS (voir notre 3e exemple d'appel), télégramme urgent, opération venant de AMG, groupe date heure, 14 mots, puis BT et le texte.....

351. — Ordre de priorité des télégrammes. — Les télégrammes sont transmis dans l'ordre de leur dépôt, mais les télégrammes prioritaires doiven passer avant les autres, l'ordre de priorité est celui donné au paragr. 349. Cependant, on attend que la transmission du télégramme en cours soit terminée.

352. — Application pratique des règles de service. — Nous donnons maintenant ici la pratique même de la transmission. Toutes les formules employées sont l'application des abréviations et règles de service que nous avons indiquées dans les paragraphes précédents 348, 349, 350, 351.

Dans la colonne de gauche se trouve tout ce que transmet le poste émetteur qui appelle (indicatif XAB).

Dans la colonne de droite se trouve tout ce que transmet le poste appelé (indicatif WDX) ce que l'appelant reçoit par conséquent.

Le signal . . . . (ii) doit encadrer certaines lettres seules donnant les indications de service sur la destination des télégrammes.

a) Prise de contact ou appel

XAB T WDX K	WDX K

b) Passage d'un télégramme

WDX DE XAB NR83 T RLA O 281530 TO RP4L INFO R53 D GR12 BT texte $\overline{BT}$ K	WDX R $\overline{AR}$ (pour la retransmission à RLA, voir exemple J)

c) Plusieurs télégrammes à passer

On peut les passer en série, en terminant le premier message par i i (.. ..) et en continuant par le préambule du deuxième télégramme, à condition d'avoir prévenu, par une abréviation du code Q : QSG, au moment de l'appel.

d) Arrêt obligé de manipulation

En cours de transmission :

... 281320 GR10 $\overline{BT}$ TABER SIMOL (arrêt) $\overline{AS}$	

A la reprise il devra *tout* repasser.

e) WDX n'a pas compris un télégramme de XAB

Après l'appel et sa réponse (voir *a*) :

WDX DE XAB NR83 T RLA O 281530 TO RP4L INFO RS3D GR12 $\overline{BT}$ texte $\overline{BT}$ K	WDX $\overline{IMI}$ K (répétez tout le texte.)
WDX DE XAB NR83 T RLA O 281530 TO RP4L INFO RS3 D GR12 $\overline{BT}$ texte $\overline{BT}$ K	WDX $\overline{IMI}$ AB $\overline{BT}$ K (il demande répétition de ce qui précède (— AB —) le premier BT).
WDX DE XAB NR83 T RLA O 281530 TO RP4L INFO RS3 D GR12 $\overline{BT}$ K	WDX $\overline{IMI}$ AA10 K (il n'a pas compris ce qui suit — AA — le dixième du mot du texte et demande répétition à partir de ce groupe).
DE XAB AA10 — MOURP KATI $\overline{BT}$ K	WDX $\overline{IMI}$ 3 K (il n'a pas compris le 3e groupe du texte et demande sa répétition.)
DE XAB 3 TOXIR K	WDX R $\overline{AR}$ (il a bien reçu.)

f) Cas d'une erreur dans le nombre de mots

Nous reprenons le télégramme de l'exemple (*b*) :

WDX DE XAB O T RLA 281530 GR12 BT texte BT 281530 K	WDX INT GR13 K (je compte 13 mots?)
WDX DE XAB GR12 BT A — L — S — etc. (c'est-à-dire la première lettre de chaque groupe pour en faire vérifier le compte à WDX) BT K	WDX C AR (il dit ainsi : vous avez raison. Si au contraire il y avait eu 13 mots, c'est XAB qui au lieu d'envoyer les premières lettres, aurait, après vérification, envoyé — C — c'est-à-dire vous avez raison.)

g) Collationnement

En fait, pour les télégrammes chiffrés, la station réceptrice au lieu de répondre seulement : R AR (exemple *b*) répète tout le texte qu'elle a reçu, pour collationner (vérification par l'expéditeur).

h) Emission en l'air

(à un poste qui ne peut répondre, par exemple, parce qu'il n'est que récepteur, ou n'est pas autorisé à émettre.)

DBK DE XAB F P 291045 GR10 BT texte IMI texte BT AR (le texte est donc passé 2 fois à la file.)	Silence. (F indique au poste DBK qu'il ne doit pas répondre à ce télégramme. Il note donc, mais se tait.)

i) Télégramme multiple à 4 correspondants

EXEMPLE :

XAB	—	WDX	—	DBK	—	LMX
1		2		3		4

On emploie des numéros d'ordre qui sont donnés lorsqu'on a établi le réseau : 1 - 2 - 3 - 4, et les stations, dont les indicatifs sont énumérés dans cet ordre dans le préambule, accuseront réception dans ce même ordre. Ces numéros d'ordre font d'ailleurs souvent partie de l'indicatif, car pour les réseaux du dernier échelon (bataillons d'un régiment. par exemple, les stations ont pour indicatif les mêmes lettres que l'indicatif de leur P.C.R., mais suivi d'un chiffre (1 - 2 - 3 - 4) qui est leur numéro d'ordre.

Pour les télégrammes chiffrés, les quatre stations vont envoyer seulement l'accusé de réception (exemple pour la deuxième : WDX R AR), puis la première des quatre, seule, collationnera, c'est-à-dire émettra le texte qu'elle a pris. Les autres l'écoutent et comparent avec le texte de l'expéditeur. Ceci leur évitera de collationner, si les deux textes concordent bien.

j) Transit, un poste (WDX) sert de liaison entre 2 autres (XAB et RLA)

C'est ce qui se produit avec notre exemple *b*, car le préambule du télégramme comportait O T RLA. Si le message avait été envoyé par XAB à plusieurs

stations, comme dans l'exemple *i*, et qu'une d'entre elles WDX est seule chargée de retransmettre à RLA, WDX en aurait été priée par répétition de son indicatif avant la lettre T. Le préambule envoyé par XAB au lieu d'être :

WDX DBK LMX O 281530 $\overline{\text{BT}}$ texte, etc.

aurait été :

WDX DBK LMX O WDX T RLA 281530 $\overline{\text{BT}}$ texte, etc.

Nous rappelons que O est la lettre conventionnelle indiquant la nature du télégramme, ici télégramme officiel prioritaire.

k) Réseau brouillé

Le P.C.R. entendant le brouillage veut diriger le réseau.

CQ QRT $\overline{\text{AR}}$		
	WDX demande alors l'autorisation : WDX T LMX K	
Le P.C.R. lui dit de transmettre : WDX K		LMX a entendu et dit aussi de transmettre, mais le dit après le P.C.R. LMX K
	WDX transmet : LMX R 291265 GR8 $\overline{\text{BT}}$ texte $\overline{\text{BT}}$ K	

352 *bis*. — Règles de service en radiotéléphonie. — Elles sont semblables en général à celles de la radiotélégraphie, mais il y a quelques particularités.

a) *Certains mots sont à épeler* (chaque fois qu'ils sont peu connus ou prêtent à confusion). — On épelle en disant non la lettre mais un prénom commençant par cette lettre, comme les téléphonistes le font. Exemple pour ga : Gaston, Anatole. La liste de ces prénoms fait partie des codes en vigueur;

b) *Le destinataire doit répéter chaque mot ainsi entendu*, pour les télégrammes chiffrés. Et s'il y a doute, on épelle;

c) *Des expressions servent de signaux de service.* — Elles doivent toujours être employées et non un autre mot pour exprimer une chose donnée. Exemple : *allo* (appel), *j'écoute*, *annulez*, *terminé*, etc.;

d) *Le calage de la longueur d'onde* (cas d'un réseau) est effectué par l'émission d'une série de chiffres énumérés par l'opérateur et pendant laquelle le correspondant se règle sur lui. (Ce monologue remplace donc les V de réglage des opérateurs de graphie.) On indique en kilocycles le déréglage constaté (« augmentez de 6 », ou « diminuez de 4 », etc.). On peut utiliser le calage par le battement zéro (voir paragr. 345), si le récepteur comporte une hétérodyne de battement; sinon, chacun se règle au mieux sur le poste directeur, puis l'émetteur incorporé est mis en circuit, il « bat » avec le signal reçu, et on peut donc le régler pour que le sifflement du brouillage qu'il cause soit réduit au grave, puis à zéro. Il se trouve alors réglé sur la même fréquence que celle du signal reçu du P.C.R.

353. — Le procès-verbal d'exploitation. — Il doit toujours être ouvert sous la main de l'opérateur. Il doit reproduire :

1° tous les signaux qu'envoie l'opérateur,
2° tous les signaux que reçoit l'opérateur,
3° les heures d'émission et de réception.

EXEMPLE D'UNE PAGE DU PROCÈS-VERBAL D'EXPLOITATION :

Procès-verbal d'exploitation

Nom et grade du chef de poste : Maréchal des logis Victor.
Journée du 8-2-1946.
Appareil : ER 8 — Indicatif : XAB — Réseau : groupement :

H	M	**Transmissions**	**Réceptions**
10	15	LMX... etc...	

Les autres archives que nous avons mentionnées au paragraphe 341 sont utilisées d'après le procès-verbal d'exploitation.

En effet, le *carnet de départ* porte le texte des télégrammes remis au poste pour émission, on a détaché de ce carnet un reçu que l'on a remis au porteur du texte. C'est pour passer ce texte, précédé du préambule convenable, qu'on l'inscrira dans la colonne « transmission » du procès-verbal d'exploitation.

Le *carnet d'arrivée* portera la copie du télégramme faite d'après la colonne réception du procès-verbal d'exploitation.

La feuille sera détachée et envoyée au destinataire (officier par exemple) qui détache une partie formant reçu et la remet au porteur.

Dans le cas de liaisons pour ordres de tir par exemple, le carnet de départ et le carnet d'arrivée ne sont plus utilisés. Mais la tenue du procès-verbal d'exploitation continue, le poste transmettant ou par téléphone à la batterie tous les ordres qu'il reçoit.

354. — Méthodes de trafic modernes. — Nous avons défini au paragraphe 346 le mode d'exploitation des stations de grand trafic, des postes de bord et des liaisons ondes courtes à grande distance.

Hors de là, pour les émetteurs-récepteurs de faible puissance destinées aux liaisons à portée moyenne, pour les liaisons dites « en campagne », pour les liaisons d'escadre ou d'escadrille, nous n'avons signalé jusqu'ici que le groupement en réseau sur une longueur d'onde fixée, toutes les émissions de chaque poste du réseau étant dirigées par le poste directeur P.C.T.

Pour ces liaisons entre plusieurs émetteurs, la technique moderne cherche d'autres méthodes d'exploitation. C'est ainsi que l'emploi d'émetteurs contrôlés par quartz, même sur les postes de campagne, peut permettre le trafic sur des longueurs d'onde fixes. Etant légèrement différentes pour chaque émetteur, le trafic peut être échangé directement de poste à poste, les appels ne pouvant se contrarier, ce qui est le cas du réseau où la longueur d'onde d'émission est commune.

Mais les fréquences des quartz des émetteurs du groupe pouvant être choisies très voisines, la plage que doit explorer constamment chaque récepteur est très réduite, et la surveillance est facile pour que la liaison immédiate. Il n'y a pas à caler le réseau.

Très récemment, des récepteurs de grand trafic sur ondes courtes ont été munis d'un *oscillographe cathodique incorporé.* L'oscillographe cathodique est un tube électronique qui donne sur un écran une trace lumineuse proportionnelle à la tension alternative en volts qui lui est appliquée, et il sert habituellement d'appareil de mesure. Si le faisceau d'électrons qui frappe l'écran est dévié périodiquement par une autre tension alternative appliquée à des plaques auxiliaires, mais de même fréquence que la première, on obtient sur l'écran un photographie des variations du signal (fig. 316).

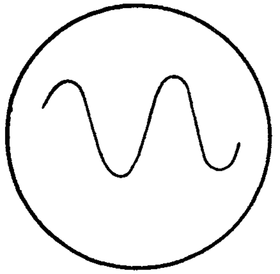


Fig. 316
Exemple du tracé lumineux obtenu lorsqu'on applique une tension alternative de cette forme à un oscillographe cathodique, le balayage du faisceau d'électrons étant obtenu par l'application d'une tension de même fréquence.

C'est un autre usage, très nouveau, qui est obtenu avec l'oscillographe cathodique. Il reçoit du récepteur toutes les tensions développées dans l'antenne par les émetteurs contenus dans une gamme d'ondes. Cette gamme d'ondes est toutefois étroite : 500 kilocycles par exemple; par exemple de 7.500 à 7.000 kilocycles, soit de 40 à 42 m. 80 de longueur d'onde. La tension de balayage appliquée aux autres plaques est variable en fréquence de + 250 à — 250 kilocycles. Il en résulte sur l'écran du tube un trait lumineux représentant le balayage de toute la gamme explorée, et aux points correspondants à leur fréquence, les signaux des émetteurs apparaissent en taches lumineuses (fig. 317).

Ce dispositif (Société S.I.R. Brevets Aschen) montre donc à l'opérateur quels sont les émetteurs en train d'émettre sur la gamme. Il les *voit.* Le bouton d'accord du récepteur lui permet de déplacer une aiguille de telle façon que lorsqu'elle passe devant la tache lumineuse de l'émetteur, le récepteur soit exactement accordé sur la fréquence correspondante : alors il *l'entend.* On conçoit ainsi qu'un réseau d'émetteurs puissent être en liaison constante, quoique travaillant sur des longueurs d'onde différentes (mais voisines : même gamme d'ondes).

Nous rappelons que ce contrôle visuel avec exploration visuelle

automatique de la gamme en service demande une installation très complexe et que cela n'intéresse jusqu'ici que les stations de grand trafic.

Si donc les petites stations en campagne abandonnent la méthode du réseau dirigé (même longueur d'onde de travail pour tous les émet-

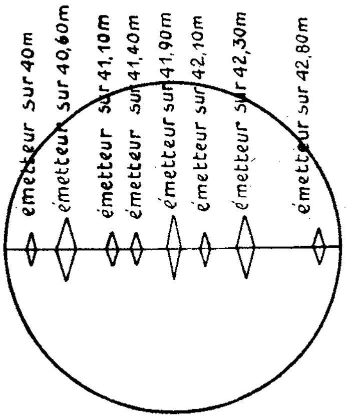


Fig. 317
Exemple des traces lumineuses obtenues à l'oscillographe cathodique pour les différentes émissions reçues sur une gamme d'ondes si le balayage est fait par une tension dont la fréquence varie d'un bout à l'autre de la gamme d'ondes à explorer.

teurs du réseau) et si elles adoptent le principe d'une longueur d'onde propre à chaque émetteur et *fixe* (au besoin émetteur à cristal de quartz), mais ces longueurs d'onde étant voisines, il faudra que les récepteurs explorent par la manœuvre de leur réglage d'accord toute la partie de la gamme d'ondes où leurs correspondants peuvent les appeler.

QUARANTE-SIXIÈME LEÇON

LE DÉPANNAGE DES APPAREILS

Que le dépannage d'un appareil de trafic soit en principe réservé à son constructeur, nul ne s'en étonnera. Mais nul ne nous contredira si nous souhaitons *qu'en pratique le retour au constructeur soit réservé aux pannes graves.*

Nous entendons par PANNES GRAVES les pannes nécessitant la réfection complète d'un organe, dont le remplacement par une pièce de rechange à l'atelier de campagne (*parc*), ne peut pas être pratiqué parce qu'il entraînerait une *modification de la mise au point de l'appareil.*

EXEMPLE : bobinages haute ou moyenne fréquence, condensateurs variables.

Mais ces pannes graves sont excessivement rares. Il importe de savoir les reconnaître, il importe donc de savoir, dans tous les cas quelle est la panne, afin de procéder, ou à la réparation, ou à l'évacuation de l'appareil vers l'usine.

Nous diviserons ainsi les opérations de dépannage.

1° DÉPANNAGE AU LIEU MÊME OU L'APPAREIL EST EN SERVICE. — Il permettra :

— ou de réparer immédiatement s'il s'agit d'une cause banale,

— ou de renvoyer l'appareil sur l'atelier militaire de dépannage, sans perte de temps, le non fonctionnement ayant été rapidement reconnu comme dû à un vice sérieux.

2° DÉPANNAGE EFFECTUÉ PAR L'ATELIER DU PARC. — Effectué à l'arrivée de l'appareil signalé en défaillance par l'opérateur qui l'a manœuvré, il permettra :

— ou de réparer l'appareil, ce qui est possible dans la plupart des cas.

— ou de le diriger vers le constructeur pour remplacement d'un organe nécessitant une nouvelle mise au point, ceci n'étant fait qu'à bon escient, l'organe malade étant connu et signalé sur la fiche, et le retour au constructeur étant évité pour toutes les pannes réparables.

Un service de dépannage ainsi organisé est éminemment souhaitable. Que faudrait-il pour qu'il en soit toujours ainsi La réponse est simple :

1° *Il faudrait que les usagers de l'appareil (opérateurs) soient tous des techniciens connaissant le matériel qu'ils emploient.*

2° *Il faudrait que les ateliers de dépannage des Parc ou Bases soient équipés de techniciens avertis.*

Les hommes formés par le présent cours fourniront certainement les premiers, et s'ils s'efforcent de « posséder » réellement ce que cet ouvrage leur enseigne, ils seront aisément les seconds, lorsqu'une pratique de quelques semaines leur aura donné « la main » et surtout développé « le flair ».

Cette leçon sur le dépannage est, en conséquence, divisée de la façon suivante :

a) VÉRIFICATIONS SUR L'APPAREIL A SON LIEU DE TRAVAIL, à l'usage des opérateurs.

b) DÉPANNAGE A L'ATELIER MILITAIRE, à l'usage des hommes et gradés de ce service.

I. — VÉRIFICATIONS DES APPAREILS ET DÉPANNAGES SIMPLES AU LIEU MÊME DE TRAVAIL

Quand les recherches successives conseillées dans chaque cas n'auront pas abouti, nous indiquerons simplement : envoi à l'atelier de dépannage. La panne étant plus sérieuse sera analysée alors dans le chapitre suivant : Dépannage à l'atelier, où nous reprendrons les cas envisagés dans ce chapitre-ci.

355. — Outillage de dépannage prévu dans l'équipement du poste. — C'est celui que nous allons pouvoir utiliser pour les vérifications qui vont suivre.

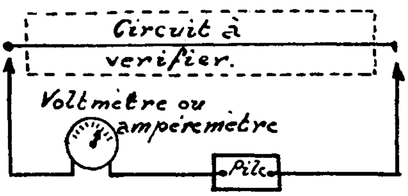
Il est très réduit; nous noterons la présence de :

1° *Lampes de rechange :* dans tous les équipements, il y a un jeu de rechange complet.

2° *Isolateurs d'antenne de rechange, casque d'écoute de rechange.*

3° *Un voltmètre* BT et un HT, souvent fixés sur l'appareil, à la sortie du coffre alimentation; il permettra de vérifier la tension aux bornes de la pile ou de l'accu, de l'accu-tampon ou de l'enroulement de transfo prévu pour le chauffage; le type HT permettra de vérifier la tension fournie entre + et — par les sources haute tension (piles, accus, générateurs, redresseurs). Un voltmètre pourra être utilisé sur la sensibilité 6 volts, pour la *vérification d'un circuit*, une pile de poche ou une pile de voltage plus élevé étant branchée en série; nous avons indiqué cette méthode et le branchement à effectuer dans notre figure 318; nous l'avions indiquée dans notre chapitre d'électricité « vérification d'une machine à main » (paragraphe 116). Il pourra être utilisé de même pour *la vérification de l'isolement d'un circuit*, comme il était indiqué au même chapitre; la figure 319 rappelle ce branchement; le voltmètre remplace alors le milliampèremètre indiqué; aussi, pour que la vérification reste précise, il faut employer une pile de tension plus élevée que la pile de poche; une pile ou un accu 40 ou 80 volts conviendraient.

Fig. 318
Vérification d'un circuit. Si le circuit est coupé, l'appareil de mesures ne dévie pas. La pile pourra être une pile de poche pour vérifier les circuits de faible résistance (câbles d'alimentation, bobinages, par exemple). L'ensemble pile-ampéremètre sera plutôt remplacé par un ohmmètre.



Certains équipements d'accessoires comprennent au lieu du voltmètre 6-250 volts, un ampèremètre; il permettra de même les vérifications ci-dessus.

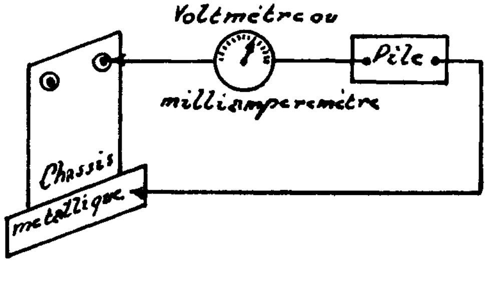
Bien entendu, un *voltmètre* 6-50-250 volts (3 sensibilités) ou 6-50-500 volts sera le modèle qui accompagnera les équipements où la haute tension est plus élevée que 180 volts, et où la basse tension (chauffage des filaments, accus du bord) est de 12 ou 24 volts.

Nous parlerons dans les instruments indispensables à l'atelier de dépannage des *boîtes de contrôle plus précises* (grande résistance interne) et qui groupent une dizaine de sensibilités différentes en milliampèremètre, ampèremètre et voltmètre.

NOTE. — *Les équipements modernes comprennent tous un ohm-mètre qui permet la lecture des résistances des circuits, ou de la résistance de leur isolement entre circuit et masse. C'est devenu l'instrument de dépannage par excellence, poste débranché de son alimentation.*

4° *Quelques outils :* pince universelle, couteau (utiles pour la réfection des fils d'antenne), tournevis.

Fig. 319
Vérification de l'isolement d'un circuit. Si le circuit est mal isolé, donc en communication avec le bâti métallique, le voltmètre déviera. L'ensemble pile-ampéremètre sera plutôt remplacé par un ohmmètre.



5° *Vérification directe des alimentations.* Certains appareils sont équipés sur leur panneau avant d'un voltmètre à trois poussoirs qui permet de vérifier les tensions reçues par le poste de son alimentation. C'est le milliampèremètre du poste qui devient ainsi automatiquement voltmètre 6 volts branché sur le circuit de chauffage dès que l'on enfonce le poussoir 6 volts; il devient automatiquement voltmètre 150 volts branché entre + et — HT du récepteur lorsqu'on enfonce le poussoir 150 volts; il devient automatiquement voltmètre à 250 ou 500 volts branché entre + et — HT de l'émetteur lorsqu'on enfonce le poussoir 250 ou 500 volts.

356. — Méthode générale de localisation de la panne. — Il faut agir avec méthode. On examinera donc, dans l'ordre :

— l'équipement extérieur au poste : antenne-contrepoids et leurs branchements;
— l'alimentation du poste,
— le poste lui-même;

Mais des points de repère peuvent préciser, à coup sûr, quelle est la partie en dérangement. Nous le verrons dans les cas de pannes que nous allons examiner.

357. — Etude des différents cas de pannes survenant en service. — Nous supposons que les appareils sont mis en service normalement quant à leurs réglages. Voir pour chaque type d'appareil les études faites aux leçons 35^e, 37^e, 39^e, 40^e, 41^e.

Premier cas. — LE POSTE EST UN ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR QUI NE FONCTIONNE NI EN ÉMISSION NI EN RÉCEPTION. — La panne est donc certainement localisée dans les circuits qui sont communs à l'émetteur et au récepteur. Nous avons vu (paragraphe 316) que ces circuits sont : 1° le système antenne-terre ou antenne contrepoids; 2° l'alimentation basse tension (4 ou 6 volts) et le —HT.

Premier cas A. — Le poste étant sur émission et la haute tension étant fournie (machine à main tournée ou piles mises en circuit ou convertisseur en marche) le milliampèremètre de grille dévie lorsque le manipulateur est bloqué; le poste étant sur réception, on ne reçoit rien, mais si l'on porte le doigt sur la grille de la lampe détectrice (voir fig. 320 et 320 *bis*), on entend un ronflement.

La panne vient alors certainement de l'antenne ou du contrepoids, ou de leurs circuits à l'entrée du récepteur.

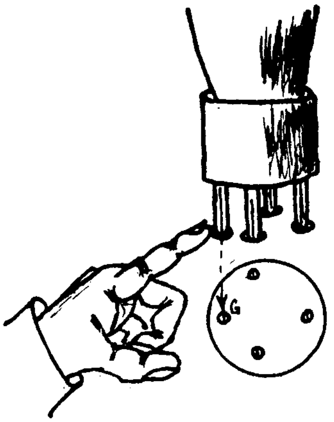


Fig. 320

Si, le doigt étant posé sur la grille de la lampe détectrice du récepteur, un ronflement se fait entendre dans le casque, il n'y a aucune panne dans l'alimentation ni dans les circuits du récepteur : la panne se trouve dans les circuits d'entrée : antenne ou circuit haute fréquence.

a) VÉRIFIER L'ISOLEMENT DE L'ANTENNE : Fil d'antenne en contact avec un hauban (perches mal montées), isolateur cassé, fil de

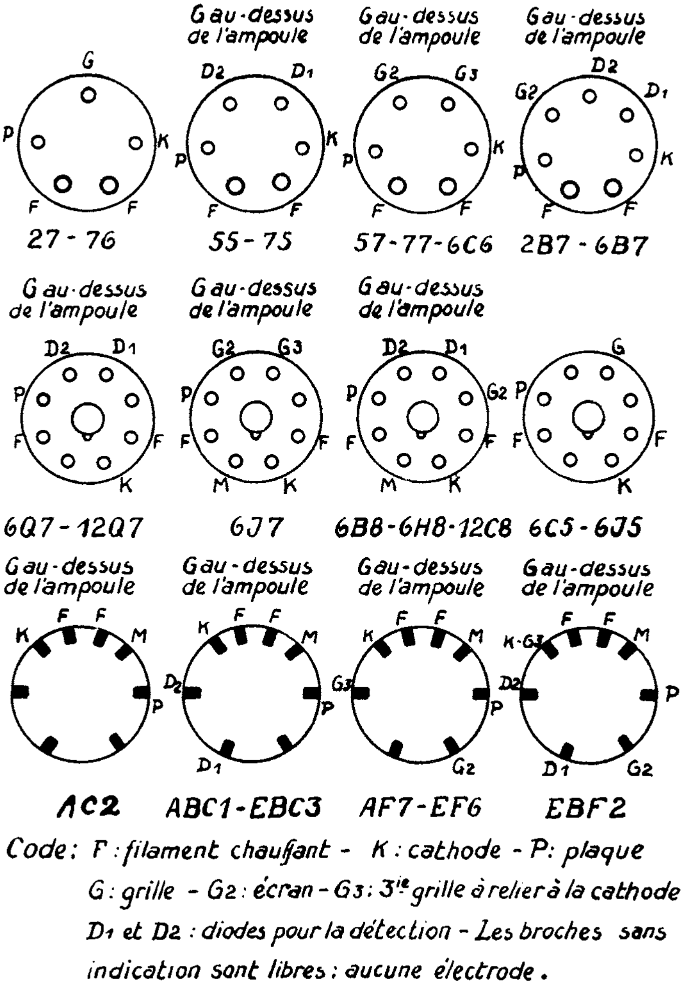


Fig. 320 *bis*

Branchements des principales lampes pouvant être employées en détectrices, la grille G signalée se trouve au-dessus de l'ampoule sur la plupart des types. A noter que dans le cas d'une détectrice diode, c'est la grille de la lampe première basse fréquence qu'il faut toucher. Or souvent elle est contenue dans le même tube, et c'est pourquoi, pour les détectrices diode-triode ABC 1 ou EBC 3, ou diode-penthode 6B7, 6B8, 6H8, c'est quand même la grille G de cette lampe qu'il faut toucher. Pour reconnaître quelle lampe est la détectrice, si l'on ne possède pas le plan du récepteur joint à l'appareil, se souvenir qu'une détectrice est normalement attaquée à sa grille par un circuit accordé HF, ou un transformateur MF, mais que sa plaque, au contraire, est reliée à des résistances ou un transfo BF. S'il y a une diode, c'est elle la détectrice, s'il y en a plusieurs, l'une d'elles est la détectrice, et la grille qu'elle attaque est celle de la première BF qui nous intéresse.

descente d'antenne dénudé par endroits et en contact soit avec la terre, soit avec le contrepoids, mauvais serrage du fil d'arrivée d'antenne à son branchement sur l'appareil, les brins du fil touchant le panneau métallique ou branchement par erreur de l'antenne à la borne T.

b) VÉRIFIER ÉGALEMENT SI LE FIL DE DESCENTE D'ANTENNE N'EST PAS COUPÉ en le froissant entre les doigts, ou, s'il n'est pas coupé à l'endroit de l'épissure qui le lie à l'antenne.

c) SI L'ANTENNE ET LE CONTREPOIDS SONT EN ORDRE ET LEUR BRANCHEMENT CORRECT, la panne se trouve certainement dans le circuit d'entrée de l'antenne au récepteur. Le combinateur émission-réception est coupable; *envoi à l'atelier de dépannage du groupe.* Toutes les causes précédentes, au contraire, peuvent être facilement réparées sur place sitôt constatées.

Premier cas B. — *Le poste est un émetteur-récepteur ne fonctionnant ni en émission ni en réception; sur émission le milliampèremètre de grille ne dévie pas lorsqu'on appuie sur le manipulateur (ou lorsqu'on passe sur phonie), sur réception, on ne reçoit rien, pas de bruit de fond.*

Le fait que le dérangement est constaté à la fois dans les circuits de réception et les circuits d'émission indique nettement *que la panne est due à l'alimentation.*

1° Vérifier l'état des fusibles BT ou HT si l'installation en comporte.

2° Vérifier les branchements entre la prise du câble d'alimentation et les sources : (piles et accus) ; pour les connexions —BT, +BT, — HT, + HT réception, + HT émission.

Vérifier l'état de l'accu-tampon s'il s'agit d'une alimentation par machine à main ou à pédale; si l'on n'a pas de voltmètre pour vérifier la tension à ses bornes (3v,6 minimum, la machine à main ne tournant pas), débrancher le câble d'alimentation de la boîte-machine pour le mettre sur la boîte-piles (équipement de secours).

Si l'appareil fonctionne avec la boîte à piles, il suffira à l'aide-opérateur de regarder si les branchements à l'intérieur de la boîte-machine étaient corrects; si oui, la boîte sera *confiée à l'atelier de dépannage du groupe.*

3° Si l'appareil ne fonctionne pas mieux avec la boîte-piles, ou si, dans le cas d'alimentation par batteries (postes de bord), la batterie basse tension a bien 4 volts, ou les 6 volts, ou les 12, ou les 24 volts à ses bornes, *vérifier le ou les câbles d'alimentation*; le poste étant sur réception, en ordre de marche, chauffage réglé, on froisse le ou les câbles entre les doigts; s'il y a coupure, on entend des craquements dans le casque d'écoute. Ceci si le câble est souple; dans les installa-

tions de bord à connexions d'alimentation sous câble blindé, il faut sonner les conducteurs.

S'il y a mauvais état du câble, le remplacer ou doubler le conducteur coupé par un fil « volant » allant de la batterie au poste, mais bien isolé.

4° Si le câble est en bon état, *vérifier les lampes*; nous ne l'avons pas conseillé plus tôt, car, dans les conditions de panne où nous nous trouvons, il faut qu'une émettrice soit mauvaise ou mal enfoncée dans son support et qu'une ou plusieurs réceptrices soit aussi endommagées.

On vérifiera donc par le changement de toutes les émettrices et des réceptrices une à une.

En cas d'insuccès dans toutes les opérations conseillées, le combinateur émission-réception ou les circuits de la boîte de commande, s'il en existe une, ou les circuits des relais (électro-aimants) commandant les allumages, s'il en existe dans l'installation (postes de bord) est en cause : « *retour du poste à l'atelier de dépannage.* »

N. B. — Il y a lieu de noter que dans ce « premier cas B », si la panne a été trouvée au cours de l'opération 1° : branchement inexact des batteries, il se peut qu'une source HT ait été trouvée branchée sur les connexions BT (4 volts ou 6 volts) ; dans ce cas, toutes les lampes ont certainement eu leurs filaments grillés; leur remplacement s'impose.

Deuxième cas A. — *L'appareil est un émetteur-récepteur qui fonctionne en réception, mais en émission n'arrive pas à se faire entendre du correspondant. Cependant le milliampèremètre d'émission dévie lorsqu'on bloque le manipulateur.*

Nous pouvons écarter l'idée d'une panne dans le circuit d'antenne, ou dans les circuits d'alimentation communs au récepteur puisque le récepteur fonctionne; d'autre part, il ne peut s'agir de l'alimentation HT de l'émetteur ni des lampes, puisque le milliampèremètre dévie.

Vérifier si l'ondemètre qui a servi au réglage de l'émetteur a bien été mis hors service (soit en l'ôtant s'il est distinct de l'appareil) soit en mettant son inverseur sur T (travail) s'il est associé à l'appareil.

Si ce n'est pas le cas, la panne est dans les circuits haute fréquence : *la self d'émission peut être mal enfoncée dans son support si c'est une self à broches.* Si l'émetteur comporte des étages amplificateurs haute fréquence, échanger les lampes amplificatrices une à une par celles du jeu de rechange. Pour ces émetteurs, si le condensateur variable d'accord des étages ampli n'amène par son réglage aucune déviation nette du milli plaque HF vers un minimum, les lampes amplificatrices doivent être changées. Si rien ne rentre dans l'ordre : « *envoi de l'appareil à l'atelier de dépannage.* »

Deuxième cas B. — *L'appareil est un émetteur-récepteur qui fonctionne en réception, mais en émission n'arrive pas à se faire entendre du correspondant. Le milliampèremètre d'émission ne dévie que faiblement lorsqu'on bloque le manipulateur.*

1° ANTENNE. — Elle est hors de cause puisque le récepteur fonctionne.

2° ALIMENTATION. — Les circuits basse tension sont hors de cause s'ils sont communs avec le récepteur (cas habituel). Mais les câbles de jonction sont à vérifier si l'émetteur est séparé de l'émetteur. Ceci étant écarté, il ne peut y avoir que :

— Diminution de la tension plaque émission, par suite du mauvais état de la machine à main ou du convertisseur, ou de l'accu HT, ou d'un mauvais état du câble d'alimentation. Vérifier d'abord les fusibles HT.

On y remédiera par le branchement de l'équipement de secours ou le changement du câble. *La vérification d'une machine à main* a été indiquée dans les chapitres « Electricité » au paragraphe **116** : *ce sera l'affaire de l'atelier de dépannage : la lui envoyer.* De même pour les pannes de convertisseur.

3° POSTE. — Une émettrice peut être hors d'usage. Procéder à l'échange une à une.

En cas d'insuccès sur tous les points, les autres causes : affaiblissement de la tension de chauffage des émettrices, affaiblissement de la haute tension dans l'appareil, si elle est correctement fournie par l'alimentation, demandent : « *l'envoi à l'atelier de dépannage du groupe.* »

Deuxième cas C. — *L'appareil est un émetteur-récepteur graphie-phonie qui fonctionne en réception, mais en émission n'est entendu du correspondant qu'en télégraphie, le fonctionnement étant alors tout à fait normal.* La panne est dans les circuits de téléphonie.

1° Vérifier le câble de branchement du microphone : il peut être coupé.

2° Secouer légèrement le microphone dont la grenaille peut s'agglomérer. Si l'on entend un bruit métallique lorsqu'on le secoue, il est à craindre qu'il ait été détérioré par choc.

3° Changer la ou les lampes modulatrices qui peuvent être mauvaises, le fonctionnement en télégraphie pouvant être dû à ce que l'émission est reçue en télégraphie pure, au lieu de télégraphie modulée.

4° Mettre le doigt sur l'une des douilles d'entrée de l'amplificateur basse fréquence ou sur la grille de sa 1re lampe. Si l'émetteur comporte un contrôle acoustique de l'émission, on doit entendre un ronflement dans le casque. Sinon l'amplificateur BF est en panne : vérifier son alimentation (le convertisseur s'il est spécial pour l'ampli BF,

le câble d'arrivée du +HT ampli, le fusible +HT ampli s'il existe; essayer de changer les lampes de l'ampli BF, une à une).

5° Si l'ampli BF est bon (ronflement dans le casque), vérifier de la même façon le préampli du laryngophone ou du microphone, le doigt sur l'une des douilles d'entrée du préampli doit donner un ronflement au casque si le poste comporte un contrôle acoustique de sa propre émission. Si aucun ronflement, vérifier : la liaison alimentation du préampli, la lampe du préampli.

Dans le cas de panne de l'ampli BF ou du préampli de micro, décelée par une des opérations 4° et 5°, l'appareil doit être envoyé à l'atelier de dépannage.

Pour ces opérations 3°, 4° et 5°, *vérifier que les commutateurs sont bien placés sur phonie.*

Lorsque le casque, en émission, n'est pas monté en contrôle acoustique de l'émetteur (lorsque l'on n'entend pas dans le casque habituellement sa propre émission), on ne peut vérifier l'ampli BF et le préampli qu'en montant un casque entre plaque dernière BF et masse, avec un condensateur de 0,1 MF interposé dans l'un des deux fils du casque. Mais la sortie BF sera rarement accessible, et il faudra dans ce cas réserver ces essais pour l'atelier de dépannage.

Si les vérifications du 2e cas C sont sans succès, il y a lieu de considérer trois hypothèses :

— ou la portée à assurer est assez grande pour ce type d'appareil et elle ne peut être assurée en téléphonie;
— ou le correspondant ne sait pas régler sa réaction *avant* l'accrochage (au lieu d'après) pour obtenir la téléphonie;
— ou il y a panne et dans ce cas, elle se trouve dans le combinateur graphie-phonie ou l'un des organes spéciaux à la téléphonie : *envoi à l'atelier de dépannage.*

Apprécier laquelle de ces trois hypothèses est juste, et en cas de doute, attendre un essai en d'autres lieux avant d'envoyer l'appareil à l'atelier.

Deuxième cas D. — *L'appareil est un émetteur-récepteur qui fonctionne, mais en émission n'est entendu qu'en téléphonie (normalement).*

La panne est dans les circuits spéciaux à la télégraphie.

Vérifier si le manipulateur n'est pas bloqué ou court-circuité.

Si l'appareil est important, les coupures effectuées par le manipulateur peuvent être faites par l'intermédiaire de relais (électro-aimants). Dans ce cas, le manipulateur envoie le courant BT dans l'électro. Il peut y avoir panne dans les relais (bloqués) ou le circuit BT du relais (coupure) ou le commutateur graphie-phonie. Tous ces cas relèvent de *l'atelier de dépannage.*

En cas d'insuccès : *envoi à l'atelier de dépannage.*

Troisième cas A. — *L'appareil est un émetteur-récepteur qui fonctionne en émission, mais ne donne aucune réception : silence complet. Le doigt placé sur la grille de la lampe (détectrice) comme indiqué en figure 320, entraîne un ronflement très net dans le casque.*

Comme on n'a pas de réceptions, si on n'est pas sûr que l'émission est bien reçue, se considérer dans le cas : PREMIER CAS A.

Le doute étant écarté par ces vérifications, se considérer comme étant dans le cas actuel : TROISIÈME CAS A.

1° ANTENNE : hors de cause, l'émetteur fonctionne.

2° ALIMENTATION : hors de cause pour la basse tension, hors de cause pour le + HT récepteur, puisque le ronflement est obtenu.

La panne se trouve dans les circuits haute fréquence. Nous supposons naturellement que les réglages essayés étaient exacts. Position de la self, des contacteurs, condensateurs variables. Vérifier si les selfs de réception sont bien enfoncées dans son support, si elles sont accessibles.

Cela vérifié, en cas d'insuccès : « *envoi à l'atelier de dépannage.* »

Troisième cas B. — *L'appareil est un émetteur-récepteur qui fonctionne en émission, mais ne donne aucune réception : silence complet. Le doigt placé sur la grille de la lampe (détectrice) comme indiqué en figure 320, ne peut déclancher aucun ronflement.*

1° ANTENNE : hors de cause.

2° ALIMENTATION : La source basse tension elle-même est hors de cause si elle est commune avec l'émetteur. Mais il peut y avoir :

a) Une tension de chauffage trop faible ou absente : la vérifier avec le voltmètre à poussoirs s'il existe, ou le voltmètre BT du poste de commande s'il existe, ou le voltmètre à mains si c'est possible. Il doit y avoir au moins 3v,6 pour 4 volts, ou 5v,5 pour 6 volts. Une anomalie peut être due au rhéostat de chauffage mal en place, ou au mauvais état du disjoncteur de la machine génératrice ou convertisseur ou au mauvais état de la batterie BT (accu ou pile) si elle est particulière au récepteur.

Si l'on trouve un de ces deux derniers défauts, y remédier en branchant l'équipement d'alimentation de secours. Si la machine a été reconnue ainsi coupable : *l'envoyer à l'atelier de dépannage.*

b) Une haute tension faible ou absente : vérifier la pile ou l'accu HT réservé au récepteur (s'il y a une boîte-machine à main, c'est la pile HT placée dans la boîte de la machine) ; vérifier son branchement, vérifier le câble d'alimentation (en le froissant entre les doigts, s'il est coupé, on peut entendre des craquements dans le casque d'écoute).

Selon les résultats, changer la pile, l'accu, ou brancher l'équipement d'alimentation de secours ou changer le câble.

3° POSTE. — Nous ne citerons que les causes réparables sur place. Procéder aux essais suivants :

a) Changer le casque.

b) Vérifier les lampes.

Pour reconnaître la lampe mauvaise, toucher la grille de la dernière lampe comme indiqué pour la détectrice à la figure 320. Si elle est bonne et ses circuits sont bons, on entend un claquement dans le casque. La changer si on n'entend rien. Dans le cas contraire, vérifier la lampe précédente, puis la détectrice.

En cas d'insuccès, les causes sont internes : « *envoi du poste à l'atelier de dépannage* ».

Troisième cas C. — *L'appareil est un émetteur-récepteur qui fonctionne en émission (le correspondant dit qu'il le reçoit) mais fonctionne mal en réception : on ne peut obtenir le toc d'accrochage, ou on l'obtient difficilement en fin de course* (sur les postes à réaction).

1° ANTENNE : hors de cause.

2° ALIMENTATION : vérifier les tensions (voir 3e cas B), les sources et le câble d'alimentation, le contact des fiches d'alimentation.

3° POSTE. — Vérifier si l'on n'a pas inversé les bornes + et — dans le branchement de la source basse tension. Vérifier la bonne position des lampes dans leur support, et des bobinages, s'ils sont accessibles.

— Changer la lampe détectrice.

En cas d'insuccès, les causes sont internes : « *envoi à l'atelier de dépannage* ».

Quatrième cas A. — *L'appareil est uniquement émetteur et ne fonctionne pas du tout. L'ampèremètre d'antenne ne dévie pas lorsque l'on appuie sur le manipulateur ou lorsqu'on passe sur phonie.*

Naturellement, les vérifications se feront de préférence au sol, s'il s'agit d'un émetteur d'avion. Mais *si l'alimentation HT est faite par alternateur mû par l'air en cours de vol*, il faut avoir un dispositif assurant la rotation de l'alternateur. Ceci revient à dire que l'émetteur alimenté par alternateur n'est commodément vérifié qu'en atelier, où l'équipement nécessaire est prévu.

Voici les quelques points vérifiables par l'opérateur :

a) ANTENNE. — Vérifier, au sol, l'isolement entre l'antenne et le bâti de l'avion. Nous avons étudié au début de ce chapitre (fig. 319), la méthode de vérification d'un isolement.

b) ALIMENTATION. — Les sources BT et HT doivent être vérifiées, si elles sont fournies par un alternateur sous l'aile, c'est en vol seulement que l'alternateur tourne. BT : 3v.,8; HT : 1.200 volts (il est inutile de les mesurer, il suffit de provoquer une étincelle brève entre la plaque d'une lampe et le châssis, à l'aide d'une tige métallique *tenue par un manche isolant*). Vérifier les fusibles BT et HT.

Le voltmètre doit être d'un type convenant au courant alternatif.

c) POSTE. — Changer les lampes, une à une, le manipulateur étant bloqué. Si l'émetteur n'est pas remis en ordre de marche par le changement de lampes, « *envoi du poste à l'atelier de dépannage* ».

Quatrième cas B. — *L'appareil est uniquement émetteur et fonctionne mal. Le correspondant ne reçoit pas ou reçoit faiblement (un récepteur le dit) le milliampèremètre dévie peu lorsqu'on bloque le manipulateur.*

a) Vérifier les lampes, par leur échange.

b) Vérifier l'isolement de l'antenne, comme indiqué ci-dessus (QUATRIÈME CAS A).

En cas d'insuccès, la panne peut affecter l'alimentation; si ce sont des piles ou accus, vérifier les branchements et les tensions. S'il s'agit d'un alternateur : « *envoi à l'atelier de dépannage* ».

Si la panne affecte les circuits, comme nous l'avons vu au 2e cas B, *envoi de l'appareil à l'atelier de dépannage.*

Cinquième cas A. — *L'appareil est uniquement récepteur et ne fonctionne pas du tout : mais le doigt placé sur la grille de la détectrice (voir fig. 320) déclanche dans le casque un ronflement : l'accrochage (réaction) est normal.*

a) ANTENNE. — Vérifier son isolement et son état (coupures) selon la méthode indiquée au PREMIER CAS A, vérifications *a* et *b*. Essayer la réception sur cadre si l'installation en comporte un.

b) ALIMENTATION : hors de cause.

c) POSTE. — Procéder à l'échange des lampes HF, une à une. Si insuccès, la panne se trouve dans les circuits accordés : Nous supposons que les réglages tentés étaient exacts : position correcte du commutateur d'ondes, des condensateurs variables, couplage d'antenne (s'il existe) au maximum.

Si tout ceci est bien, panne sérieuse en HF : « *envoi à l'atelier de dépannage* ».

Cinquième cas B. — *L'appareil est uniquement récepteur et fonctionne mal : réception nulle ou faible.*

Sur les postes a réaction :

a) Vérifier si le toc d'accrochage est normalement obtenu. Si oui :

— Essayer un autre casque.

— Vérifier les branchements du casque, l'enfoncement de la fiche dans son jack;

— Essayer une lampe de rechange à la place de chacune des lampes BF successivement.

b) Si le toc d'accrochage n'est pas normalement obtenu :

— Vérifier les tensions d'alimentation BT et HT au voltmètre. Si l'une est fausse, changer la pile correspondante. Vérifier le branchement des piles. Vérifier surtout si le + et le — de la pile ou de l'accu BT n'ont pas été inversés.

— Essayer une lampe de rechange à la place de la lampe détectrice.

— S'il y a des étages HF, essayer d'autres lampes HF.

En cas d'insuccès : « *envoi à l'atelier de dépannage* ».

Sur les superhétérodynes :

— Essayer un autre casque.

— Vérifier les tensions d'alimentation BT et HT. Si l'une est nulle ou faible, vérifier les fusibles, les connexions de branchement, l'état des convertisseurs ou batteries (mesurer les tensions à leur sortie même).

— Faire l'essai de la fig. 320 à la grille de la 1re BF ou de la détectrice; si le ronflement est obtenu, se reporter au *cinquième cas A*. Si le ronflement n'est pas obtenu ou s'il est faible, changer une à une les lampes BF.

Si un bruit de fond est obtenu, la BF est bonne, mais il n'y a aucune réception; changer les lampes MF puis CF et HF. Une lampe CF qui n'oscille plus est panne courante.

En cas d'insuccès, les circuits sont affectés : « *envoi à l'atelier de dépannage* ».

Cinquième cas C. — L'appareil récepteur fonctionne normalement *sauf pour l'écoute des émissions sur entretenues pures.*

a) Si le récepteur est à réaction : essayer d'obtenir l'accrochage par la manœuvre de la réaction. Si l'accrochage ne peut être obtenu sur la gamme d'ondes en service, changer de selfs si l'on possède un jeu de rechange. Si là n'est pas la cause, se considérer comme étant dans le cinquième cas B.

b) Si le récepteur est à changement de fréquence, avec dispositif oscillateur local MF pour la réception des entretenues pures : vérifier l'enclanchement du commutateur sur « pures ». Changer la lampe oscillatrice MF (parfois incorporée dans le tube d'une autre, la détectrice par exemple lampes 6E8 ou EBC3). En cas d'insuccès, *envoi à l'atelier de dépannage.*

II. — LE DÉPANNAGE A L'ATELIER DU PARC

Nous admettrons faites sur le lieu de travail les vérifications que nous avons mentionnées; à l'atelier, elles seront refaites, mais sous une autre forme. En effet, nous pouvons admettre par exemple qu'à l'atelier l'appareil à dépanner sera branché sur une antenne en bon état, c'est-à-dire isolée et non coupée. Les vérifications de ce genre seront donc inutiles.

358. — Outillage nécessaire aux dépanneurs. — Il doit être plus complet que l'outillage élémentaire dont dispose l'opérateur en campagne.

Nous signalons donc l'utilité de :

1° UN JEU D'OUTILS SIMPLES : *tournevis* de différentes largeurs, *clés à tubes* pour les écrous de différents diamètres, *pinces* ronde, coupante, « universelle », *fer à souder électrique* (petit fer de 50 à 100 watts).

2° UN MILLIAMPÈREMÈTRE, dont la sensibilité pourra être de 0 à 10 millis; on pourrait l'employer pour des intensités supérieures en plaçant en parallèle sur lui des résistances convenables, calculées d'après la résistance propre du milliampèremètre (voir « appareils de mesure », dans notre étude de l'électricité, paragraphe 108). Mais on préfèrera le milliampèremètre prévu pour plusieurs sensibilités; ou mieux le *radio-contrôleur :* milliampèremètre-voltmètre à sensibilités diverses. (Voir étude du paragraphe 109 de cet ouvrage, premier volume). L'appareil aura aussi une graduation « ohmmètre ».

3° UN VOLTMÈTRE, le type à sensibilités 6 et 180 volts, est un minimum. Le *radio-contrôleur,* milliampèremètre-voltmètre (paragraphe 109 de cet ouvrage) sera beaucoup plus exact, car sa résistance est bien plus élevée que le voltmètre ordinaire. (Voir aussi étude du voltmètre et de ses qualités au paragraphe 107 de cet ouvrage, dans le cours d'électricité).

4° UN CASQUE D'ESSAI dont les fiches de branchement pourront être connectées à n'importe quel point d'un circuit, grâce à deux fils « volants » qui y seront soudés, terminés par de petites pinces métalliques (pinces dites « crocodiles »). Ce casque aura parfois à être branché par l'intermédiaire d'un condensateur de 0,1 μF qu'il suffit de mettre en bout de l'un des deux fils de branchement.

5° UN JEU DE LAMPES DE RECHANGE pour tous les types d'appareils employés dans le groupe ou le secteur.

6° UNE SONNETTE, c'est-à-dire la réalisation en un bloc du petit dispositif qui permet de vérifier un circuit, comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe 355. La figure 321 donne le plan d'une « sonnette » simple à réaliser. *Mais elle sera inutile si la boîte de contrôle comporte une échelle « ohmmètre » comme il est désormais désirable.*

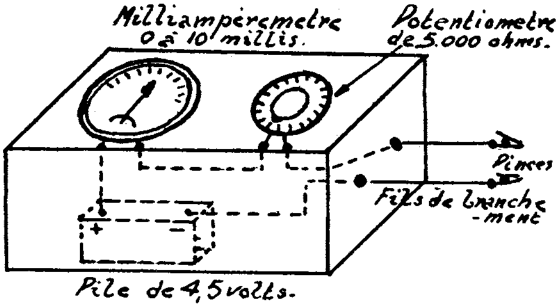


Fig. 321

« Sonnette » pour la vérification des circuits. Si le circuit placé entre les fils de branchement est coupé, le milliampèremètre ne dévie pas. Le potentiomètre (qui sera simplement remplacé par un fil si l'on n'en possède pas) permet de ramener l'aiguille du milliampèremètre à une graduation juste pour pouvoir ensuite comparer entre elles les résistances de deux circuits différents (le milli dévie moins pour le circuit le plus résistant).

7° UN ÉQUIPEMENT TRÈS COMPLET D'ALIMENTATION : piles BT, HT, accus 4 volts, 12 et 24 volts, accus 40 et 80 volts, convertisseurs, de façon à pouvoir assurer l'alimentation de tout appareil confié pour le dépannage. Au paragraphe 362, à propos du dépannage des organes d'alimentation, nous indiquons comment on peut réaliser un « redresseur » à valve qui fournira à partir du secteur électrique toutes les valeurs de tensions plaque désirées. Cet appareil simple remplacera ainsi n'importe quelle alimentation HT pour un émetteur ou un récepteur, ou les deux à la fois, plusieurs tensions de valeurs différentes pouvant être fournies à la fois (de 20 à 300 volts). Pour une alimentation plus importante, réaliser les tableaux décrits au paragraphe 323 (fig. 311 et 312).

8° PIÈCES DE RECHANGE, prévues pour les postes militaires employés par le groupe que l'atelier dessert, et complétées par :

un jeu de condensateurs fixes de toutes valeurs de 50 à 3.000 picofarads, mica, puis 10.000, 20.000, 30.000, 50.000 et 100.000 pF, 1 et 2 μF;

un jeu de résistances de toutes valeurs échelonnées de 500 ohms, à 100.000 ohms, de 250.000 et 500.000 ohms, de 1, 2, 3 mégohms.

9° FOURNITURES. — Fil de cuivre étamé de 10/10° de mm. de

diamètre, gaine isolante pour fils dite « soupliso », soudure auto-décapante en fils, afin de pouvoir refaire les connexions.

10° APPAREILS DE CONTROLE ET DE MESURE. — En plus de la boîte de contrôle milliampèremètre-voltmètre — ohmmètre et signalée ci-dessus (2° et 3°), l'atelier du parc devrait posséder :

un générateur hétérodyne, c'est-à-dire un oscillateur sur toutes ondes de 15 à 2.000 mètres dont le signal de puissance réglable permet de contrôler le fonctionnement et le réglage des étages HF et MF des récepteurs. Mais *le constructeur* des appareils en panne se réserve ces opérations de mise au point et l'atelier du parc n'utiliserait ce générateur HF que s'il était habilité à contrôler l'alignement des circuits HF des postes.

un milliwattmètre modulé pour mesurer la puissance du signal BF à la sortie d'un récepteur ou du modulateur d'un émetteur; il se branche aux bornes de sortie du casque ou haut-parleur par l'intermédiaire d'un transformateur. Il complète le générateur HF en permettant de comparer les variations de la puissance de sortie lors d'un réglage de circuits (mise au point), le générateur HF injectant un signal de puissance constante, et l'antifading étant mis hors service.

un oscillographe cathodique, dont nous avons parlé dans le paragraphe 354, et qui serait employé ici en appareil de contrôle donnant la forme du signal à la sortie de chaque étage d'amplification, son amplitude, la « courbe de réponse » d'un étage en fonction de la fréquence des signaux qui lui sont appliqués, et qui permet ainsi le réglage des circuits moyenne fréquence d'un poste, par exemple. Là encore, nous avons affaire à un appareil qui ne peut être manié que par des techniciens sachant interpréter les résultats. Nous ne le citons qu'à titre documentaire dans cet ouvrage forcément limité.

359. — Méthode de localisation de la panne dans un émetteur. — Les opérations de *vérification des tensions* que nous pourrons conseiller ci-dessous seront guidées par les notices fournies par les constructeurs et qui accompagnent toujours les appareils; elles donnent les différentes tensions existant normalement entre leurs électrodes, en fonctionnement. Il est bien entendu que les fiches du voltmètre pourront être branchées, non sur les broches elles-mêmes de la lampe, difficilement accessibles, mais en un point non isolé des fils qui sont reliés à ces broches.

Les lampes de puissance HF sont montées sur céramique. Les sorties grille et plaque ne se font plus par le culot, mais par des « cornes » de l'ampoule; chaque émetteur, avec son schéma, possède dans ses archives un plan des connexions, ou tout au moins un tableau des culots des lampes.

SCHÉMA DES APPAREILS. — Nous prierons le dépanneur de reprendre contact avec la 35e et la 40e leçons de cet ouvrage où il retrouvera les schémas-types de toutes les classes d'émetteurs avec un commentaire des circuits et des réglages. Le schéma exact du poste à examiner sera normalement dans ses archives, mais dans notre ouvrage il bénéficiera de l'analyse des circuits ou de circuits analogues.

METTRE L'ÉMETTEUR SOUS TENSIONS A L'AIDE DE PILES OU ACCUS DONT ON CONNAIT LE BON ÉTAT, OU A L'AIDE D'UN TABLEAU D'ALIMENTATION (par. 323 et 362) ET NON A L'AIDE DE L'ALIMENTATION HABITUELLE. BLOQUER LE MANIPULATEUR. — Si le milliampèremètre de grille dévie, placer comme antenne un fil isolé de un ou deux mètres et tenter une liaison avec un récepteur placé dans une salle voisine. Si l'émetteur fonctionne, essayer des liaisons sur chaque gamme d'ondes : s'il fonctionne normalement chaque fois, inculper l'alimentation ou l'opérateur inexpérimenté. (Pour le dépannage de l'alimentation, voir paragraphe 361).

Le milliampèremètre de grille, s'il n'est pas prévu dans les organes de l'émetteur, est un milli à cadre mobile, de sensibilité 0 à 1 milliampère pour les postes d'une puissance de 10 watts-antenne et au-dessous, de 0 à 50 milliampères pour les postes jusqu'à 100 watts-antenne, et pour les postes plus puissants dont l'oscillatrice est suivie d'étages amplificateurs HF. Il est à placer en série dans le retour du circuit grille de la lampe oscillatrice ou d'une lampe amplificatrice HF, classe C, par exemple entre la résistance de grille et sa connexion allant dans la direction du —HT (revoir tous les schémas d'émetteurs de la 35e leçon, et le paragr. 287).

SI L'ÉMETTEUR EST BIEN EN PANNE, POURSUIVRE LES VÉRIFICATIONS AINSI :

a) L'émetteur étant mis sous tensions à l'aide de piles et accus de l'atelier ou sur les groupes d'alimentation de l'atelier, et à l'aide de câbles de jonction sûrs, le manipulateur étant bloqué, *lire les tensions ET et HT au voltmètre*, et *vérifier les tensions* aux bornes des lampes (fig. 286). On peut s'assurer qu'elles sont convenables en consultant le schéma de l'appareil.

b) *Si la tension de chauffage est fausse (nulle ou trop faible)* :

— Regarder s'il n'y a pas court-circuit entre deux fils dont l'un va ou directement ou indirectement aux filaments des lampes.

— Regarder s'il n'y a pas court-circuit entre deux plots du combinateur émission-réception, ou du combinateur graphie-phonie : des traînées noires sur l'isolant signalent ces courts-circuits.

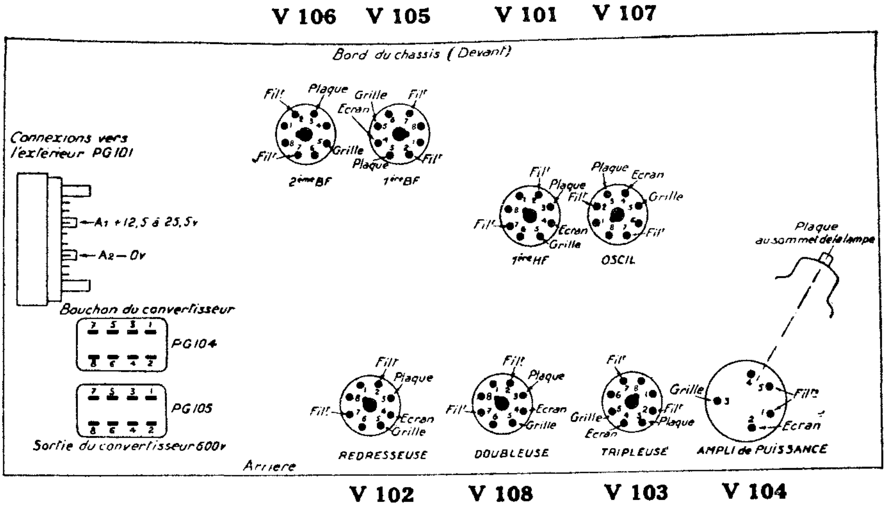


Fig. 322

Exemple de plan d'émetteur avec tensions en fonctionnement (sur tableau 322 *bis*) des installations radio SCR 508 et 528 de chars d'assaut (*émetteur BC-604*).

Remarques.—

1. Le dessin donne l'emplacement des pièces sur le dessus du châssis de l'émetteur. Les mesures sont prises quand l'émetteur marche sur la fréquence 79 et débite dans une fausse antenne. Les voltages sont mesurés entre les points indiqués et le cadre de l'émetteur.

2. Les mesures relevées sur l'appareil peuvent être supérieures aux valeurs des tableaux, par suite de la superposition sur certaines bornes des voltages à haute fréquence et des voltages continus.

3. Pendant ces mesures, le thermostat du compartiment des quartz ne doit pas fonctionner.

4. Pour mesurer les tensions, utiliser comme suit les diverses graduations :
Pour les mesures de 0 à 3 volts : graduation 3 volts;
Pour les mesures de 3 à 30 volts : graduation 30 volts;
Pour les mesures de 300 à 600 volts : graduation 600 volts;
Pour les mesures de 30 à 300 volts : graduation 300 volts.

VOLTAGES APPROXIMATIFS AUX BORNES DES SUPPORTS DES LAMPES

MESURES FAITES AVEC UN VOLTMETRE DE 1000 ohms par volt								
Broche n°	*V101*	*V102*	*V103*	*V104*	*V105*	*V106*	*V107*	*V108*
1	0	0	0	2,5	0	0	0	0
2	10	7,5	2.5	210	2,5	12,5	2,5	7,5
3	400	400	400	—20	200	370	100	400
4	130	50	220	—	40	220	40	100
5	—100	—30	—15	0	0	0	—6	—13
6	—	—	—	—	—	—	—	—
7	7,5	10	5	—	5	10	0	5
8	0	0	0	—	0	0	0	0
prise de plaque	—	—	—	600	—	—	—	—

MESURES FAITES AVEC VOLTMETRE AMPLIFICATEUR A LAMPE (RCA VOLTOHMYST ou son équivalent)								
Broche n°	*V101*	*V102*	*V103*	*V104*	*V105*	*V106*	*V107*	*V108*
1	0	0	0	2,5	0	0	0	0
2	10	7,5	2,5	210	2,5	12,5	2,5	7,5
3	400	400	400	—50	220	370	100	400
4	180	50	220	—	40	220	40	100
5	—90	—35	—85	0	0	0	—9	—40
6	—	—	—	—	—	—	—	—
7	7,5	10,5	5,5	—	5	10	0	5,5
8	0	0	0	—	0	0	0	0
prise de plaque	—	—	—	600	—	—	—	—

VOLTAGES APPROXIMATIFS AUX BROCHES DES BOUCHONS

BATTERIE DE 25,5 VOLTS			BATTERIE DE 12,5 VOLTS		
Broche n°	*PG 103*	*PG 104*	*Broche n°*	*PG 103*	*PG 104*
1	0	25,5	1	0	12,5
2	0	12,5	2	0	12,5
3	12,5	25,5	3	0	12,5
4	—22	25,5	4	—22	12,5
5	0	0	5	0	0
6	—	12,5	6	—	12,5
7	12,5	0	7	0	0
8	600	0	8	600	0

TABLEAU 322 *bis*. — Emetteur BC-604. Tableau des voltages.

Si tel est le cas, démonter le combinateur, en prenant soin de noter les branchements des fils (relevé du schéma ou pointage des connexions sur le schéma que l'on possède), gratter l'isolant aux points calcinés, au besoin le retourner, limer les flancs des plots pour augmenter leur écartement, les remettre en place, et recâbler les connexions débranchées.

— Regarder s'il n'y a pas coupure d'un fil (soudure sautée, écrou desserré) ou un contact défectueux aux plots du combinateur émission-réception.

Réparer en conséquence.

c) *Si la tension aux plaques des lampes est fausse (nulle ou trop faible :*

— Regarder s'il n'y a pas court-circuit entre deux fils, entre deux plots du combinateur émission-réception, ou du combinateur graphie-phonie. Dans le cas de panne du combinateur, le réparer comme indiqué à l'alinéa *b*) ci-dessus :

— Regarder si le bobinage HF « plaque » n'est pas coupé (à l'aide de l'ohmmètre), ou dans le cas d'alimentation de la plaque en dérivation si la self de choc du circuit plaque n'est pas coupée.

— Regarder s'il n'y a pas mauvais contact aux plots du combinateur émission-réception ou aux plots du combinateur graphie-phonie

— Regarder s'il n'y a pas coupure de fils, soudures sautées, écrous desserrés ;

— Si l'émetteur est du type graphie-phonie, regarder si la tension normale à la plaque de la lampe ne réapparaît pas pour l'une des deux positions du combinateur : graphie ou phonie. En pareil cas, vérifier si soit l'enroulement plaque du transformateur BF, soit la self plaque BF employée sur phonie, n'est pas coupée (avec l'ohmmètre).

d) *Si l'appareil comporte un milliampèremètre de grille*, vérifier qu'il dévie lorsqu'on appuie sur le manipulateur.

S'il n'en comporte pas, brancher un milliampèremètre de 0 à 10 millis, suivant le type de la lampe (le radio-contrôleur conseillé par exemple) dans le circuit plaque de chaque lampe émettrice, successivement. Il doit dévier également lorsqu'on appuie sur le manipulateur; s'il ne dévie pas : changer la ou les lampes.

Ensuite, faire l'expérience suivante : le milliampèremètre étant dans le circuit plaque de la lampe, manipulateur bloqué, et indiquant une lecture, court-circuiter le condensateur variable d'émission par un condensateur de 0,1 MFd réunissant les lames fixes et les lames mobiles. Ou plus simplement, *si la haute tension n'est pas appliquée aux lames du condensateur* (cas fréquent, voir schémas), court-circuiter les lames avec la tige d'un tournevis.

La lecture du milliampèremètre de plaque doit baisser nettement.

Si cela ne se produit pas, ou si le milliampèremètre de grille ne dévie pas, les lampes n'oscillent pas.

1° Essai de lampes oscillatrices de rechange;

2° Essai d'une autre self d'émission, si elles sont montées sur supports;

3° Regarder s'il n'y a pas coupure ou court-circuit de la résistance ou du condensateur du circuit grille oscillatrice; au besoin les remplacer;

4° Regarder s'il n'y a ni coupure, ni court-circuit dans les conducteurs des circuits *grille oscillatrice*, c'est-à-dire ceux allant à la self grille, et dans le cas d'un appareil graphie-phonie, ceux allant de la grille oscillatrice au combinateur-graphie-phonie.

EMETTEURS PILOTES A AMPLIFICATEUR HF. — La vérification du pilote (étage oscillateur) et des tensions de tous les étages se fera comme indiqué ci-dessus. Mais la présence de l'ampli HF à un ou plusieurs étages permet de faire tout d'abord quelques remarques :

1° les tensions d'alimentation étant exactes, si le réglage de l'accord ampli n'amène aucune déviation du milli placé dans le circuit plaque ampli, c'est que le pilote ne fonctionne pas. Vérifier : HT pilote, lampe pilote, circuits oscillateurs. S'il y a un étage entre le pilote et l'ampli HF de puissance, un étage doubleur de fréquence par exemple, vérifier la lampe de cet étage, les tensions à cette lampe, les circuits de cette lampe (coupures ou court-circuits).

2° si le milli placé dans le circuit plaque ampli reste à zéro, vérifier l'arrivée du +HT ampli (nous rappelons que nous avons mis l'alimentation hors de cause en le prenant sur l'installation de l'atelier). Vérifier donc : le circuit plaque ampli : self coupée, court-circuit à la masse, le circuit cathode-masse de la lampe ampli, la ou les lampes ampli elles-mêmes (échange).

3° *si, l'ampli étant accordé*, avec une déviation nette (dans le sens d'une diminution) du milli plaque ampli, lors du passage à la résonance, *le courant HF dans le circuit antenne* (amp.-antenne) *est très au-dessous de la normale*, la puissance très réduite, vérifier : les lampes ampli, le couplage ampli-antenne (coupure ou court-circuit), entrée antenne mal isolée, les relais agissant sur le circuit d'antenne (relais de manipulation, relais émission-réception), et s'il y a un dispositif de sécurité limitant les tensions d'écran des lampes ampli (voir par. 290) ; vérifier que les écrans ont leur tension normale lorsque l'ampli est accordé. Sinon, changer la lampe de contrôle de cette tension (lampe sécurité, paragraphe 290).

Pour tous les cas de coupures, court-circuits, contacts de combinateurs ou de relais défectueux, voir s'il y a possibilité de réparation.

RÉPARATIONS. — Selon le cas, réparer les conducteurs (soudures, etc..), ou le combinateur (contacts ou court-circuit : en cas de court-circuit voir les conseils donnés à l'alinéa *b*).

Si la self (ou les selfs) d'émission est reconnue coupée, la coupure étant interne, il ne faut pas la réparer : « *Retour du poste au constructeur pour adaptation d'une nouvelle self et nouvel étalonnage de l'appareil* ». En effet, les caractéristiques du circuit accordé seront modifiées par la réparation.

■

e) *Les vérifications précédentes ayant été faites, brancher comme antenne un simple fil isolé de un ou deux mètres, et essayer une liaison avec un récepteur d'une salle voisine.*

Si l'appareil ne fonctionne pas, regarder s'il n'y a pas court-circuit entre les conducteurs allant de la self d'antenne à la borne antenne, et le bâti métallique.

Vérifier le contact franc du manipulateur sur sa touche.

■

f) *si l'appareil étant du type graphie-phonie ou du type phonie seulement, le fonctionnement est nul en téléphonie :*

— Vérifier le fonctionnement du microphone, au besoin en en essayant un autre;

— Regarder si la tension BT est bien appliquée entre les bornes du microphone;

— Regarder si le primaire du transformateur de microphone, puis le secondaire, ne sont pas coupés (à l'aide de la « sonnette » fig. 321 ou de l'ohmmètre).

— Vérifier également s'ils ne sont pas en court-circuit en comparant la lecture donnée par la sonnette lorsque le circuit à vérifier est branché entre les fils, et la lecture donnée lorsque les fils de la sonnette sont directement reliés l'un à l'autre; la première leçon doit être nettement plus faible;

— Regarder si aucun condensateur fixe n'est en court-circuit (la « sonnette appliquée entre leurs bornes ne doit pas dévier s'ils n'ont pas de résistance placée entre leurs bornes. S'ils en ont une, la débrancher provisoirement, la remettre en place la vérification faite).

— Vérifier l'amplificateur BF (voir ci-dessous).

— Vérifier les branchements « phonie » du combinateur graphie-phonie en s'aidant du plan, vérifier les contacts aux plots.

S'il y a court-circuit entre les plots, réparer le combinateur comme indiqué à l'alinéa *b*.

Si un transformateur BF, un condensateur fixe, une résistance (coupée) sont reconnus défectueux, procéder au remplacement par un organe de même type, et même valeur.

REMARQUE. — *En associant deux condensateurs en parallèle ou en série, on peut obtenir la valeur résultante désirée; de même en associant deux résistances en parallèle ou en série, on peut remplacer une résistance de valeur égale à la valeur résultante.* Voir les règles de l'association des condensateurs dans l'étude de l'électricité (paragraphe 161 de cet ouvrage) ainsi que celles de l'association des résistances (paragraphes 44 et 45 de cet ouvrage).

■

AMPLIFICATEUR BF ET PRÉAMPLI DE MICRO. — L'émetteur ne fonctionnant pas en phonie, le branchement du microphone, le microphone et le combinateur graphie-phonie étant vérifiés, il faut, si l'appareil possède un ou plusieurs étages amplificateurs BF (modulation de l'émetteur), procéder à la vérification de cet ampli.

On peut s'assurer du bon fonctionnement de l'ampli en mettant le doigt sur chaque douille d'entrée de l'ampli; pour l'une d'elles, un ronflement doit se faire entendre dans le casque d'essai que l'on a branché entre plaque lampe finale de l'ampli et masse, un condensateur de 0,1 MF étant intercalé dans l'un des fils du casque. S'il n'y a pas ronflement, l'ampli n'est pas en ordre de marche.

La ou les lampes de l'ampli BF seront d'abord changées une à une.

Les tensions aux électrodes des lampes seront vérifiées, ce qui peut déceler une coupure ou un court-circuit.

Le *préampli* comprenant une ou deux lampes penthodes suivant un microphone à ruban ou un laryngophone et attaquant l'ampli BF de modulation, sera vérifié selon la méthode ci-dessus.

Les circuits des étages d'un ampli BF ou un préampli BF d'émetteur étant semblables à ceux des étages BF d'un récepteur, on trouvera au paragraphe 360 (dépannage des récepteurs), des conseils utiles pour le sondage de ces circuits (*cas f*).

CONSEILS POUR LES ÉMETTEURS ONDES TRÈS COURTES. — Les pannes seront localisées d'après la même méthode, mais il est bon de se rappeler que tout déplacement ou déformation des organes des circuits haute fréquence (bobinages-condensateurs) détruirait la mise au point et l'étalonnage de l'appareil, et qu'un léger défaut d'isolement d'un organe haute fréquence suffit à causer des pertes HF empêchant le fonctionnement.

360. — Méthode de localisation de la panne dans un récepteur. — Les notices d'entretien et de dépannage des appareils donnent toujours désormais, non seulement les tensions normales entre les électrodes des lampes et la masse, mais aussi, la valeur de la résistance que mesure un ohmètre lorsque, le poste débranché de la source d'alimentation, on branche l'ohmmètre *entre chaque point du circuit considéré et la masse du châssis.*

Nous donnons en figure 323 un exemple pour le récepteur BC603 des installations SCR508, 528 et 538 des chars d'assaut, avec en fig. 323 *bis* les tableaux donnant les valeurs correctes relevées.

POUR TOUS RÉCEPTEURS CLASSIQUES :

TABLEAU DES TENSIONS PROBABLES POUR DES LAMPES DE RÉCEPTION A CHAUFFAGE INDIRECT

Tensions normales : lampes haute fréquence et moyenne fréquence : entre plaque et masse : 250 volts; entre écran (G2) et masse : 100 à 125 volts; entre G3 et masse : 0 à 3 volts; entre cathode et masse : 3 volts, ou 3 à 40 volts pour les lampes à pente variable à cathode faisant retour sur un potentiomètre; entre grille de commande (G1) et masse : zéro, ou s'il y a une tension antifading appliquée, il y a en vérité de 0 à —40 volts, mais un voltmètre ordinaire ne peut l'indiquer, car il court-circuite cette tension.

Tensions normales lampes changeuses de fréquence :

entre plaque et masse : 250 volts; entre écrans et masse : 90 à 125 volts; entre plaque oscillatrice et masse : 125 à 200 volts; entre grille de commande (G1) et masse : 0 volt; entre cathode et masse : 3 volts; entre grille oscillatrice et cathode : —10 volts mesurables seulement avec un voltmètre à très grande résistance, un voltmètre à lampe serait nécessaire, mais comme l'existence de cette tension prouve que l'oscillatrice fonctionne, on peut aussi placer un milliampèremètre (sensibilité 0 à 1) en série entre la résistance de grille oscillatrice et la cathode; si un courant de 0,1 à 0,3 milliampère est indiqué, l'oscillatrice fonctionne bien.

Tensions normales lampes basse fréquence (sauf la lampe finale de puissance, souvent supprimée sur les postes de trafic).

Il faut distinguer le cas où c'est une self ou un transfo à fer qui se trouve dans le circuit plaque, ou le cas où c'est une résistance.

Cas d'une self ou d'un transfo BF : entre plaque et masse : 100 à 200 volts; entre écran et masse : 50 à 100 volts; entre cathode et masse : 3 à 10 volts; entre grille et masse : zéro volt, sinon la lampe est mauvaise ou un condensateur allant à la grille est claqué, ou le transfo BF en court-circuit.

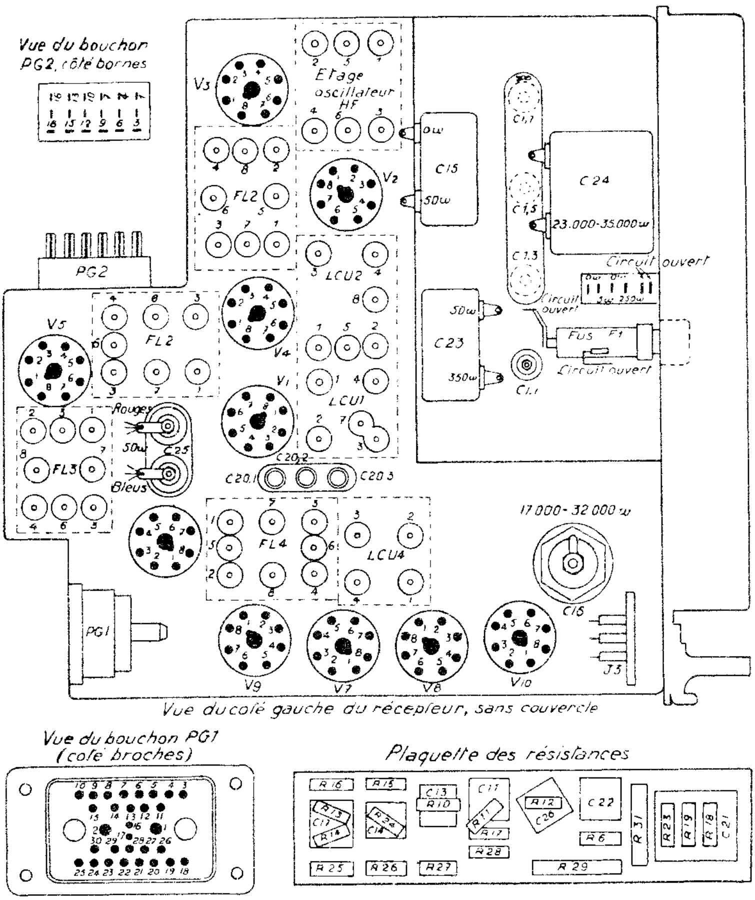


Fig. 323. — Exemple de plan de récepteur : BC-603 des installations radio SCR 508-528-538 de chars, donné avec références pour dépannage par mesure des résistances. (Voir tableaux en fig. 323 *bis*.)

Remarques.—

1. Toutes les valeurs de résistance de ce tableau sont prises entre le châssis et le point indiqué.

2. Un écart ±20% sur la valeur indiquée ne doit pas être considéré comme preuve du mauvais état du récepteur.

3. Il peut y avoir des différences entre les schémas de ce manuel et les schémas fixés sur les récepteurs. Ces divergences sont dues aux changements introduits en cours de fabrication; c'est le schéma fixé au récepteur qui fait foi. Ces changements peuvent modifier des valeurs de résistance de ce tableau.

4. Enlever le convertisseur avant de mesurer les résistances.

5. Quand des valeurs de résistance ont été changées en cours de fabrication, les nouvelles valeurs des résistances sont données dans la colonne *MODIFIED*.

6. Les interrupteurs doivent être abaissés sauf *TUNE-OPERATE* et *RADIO & INT-INT ONLY*, dirigés en haut.

7. Les boutons *VOLUME* et *SENSITIVITY* doivent être tournés à fond à droite.

8. Pour contrôler la commande de volume, connecter le conducteur du voltohmmètre à la borne 3 de J3; pour un volume maximum, la résistance doit être de 100.000 ohms environ. Si le bouton volume est tourné à fond vers la gauche, la résistance doit diminuer jusqu'à 50 ohms.

9. Pour contrôler la sensibilité (*SENSITIVITY*), mesurer la résistance sur le côté de C25, où aboutissent les conducteurs bleus. Quand on tourne ce bouton, la résistance doit varier entre 50 et 250 ohms.

RESISTANCES RELEVEES SUR LES PRISES DES SOCLES DES LAMPES (OHMS)

Borne	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V9	V8	V10
RECEPTEUR SANS RESISTANCES R21, R95, etc. (type non modifié)										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2 még	1¼ még
2	0	4**	0	9**	9**	5**	5**	5**	¼ még	2 még
3	0	100.000	40.000	0	0	800	165.000	infinie	2.500	2,000
4	500.000	0	infinie	460.000	750.000	500.000	155.000	35.000	250.000	100.000
5	0	500	50.000	0	0	800	165.000	100.000	250.000	48.000
6	48.000	280.000	infinie	60.000	48.000	10.000	infinie	infinie	165.000	0
7	2,5**	2,5**	4**	0	5**	4**	5**	5**	5**	4**
8	29.000	80.000	0	29.000	58.000	10.000	155.000	350	5**	5**
RECEPTEUR MUNIS DES RESISTANCES R21, R95, etc. (type modifié)										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2 még	1¼ meg
2	0	4**	0	9**	9**	5**	5**	5**	¼ még	2 meg
3	0	100.000	35.000	0	0	800	165.000	infinie	6.700	2.000
4	500.000	0	infinie	460.000	120.000	260.000	155.000	25.000	250.000	100.000
5	0	500	50.000	0	0	800	165.000	100.000	250.000	48.000
6	48.000	280.000	infinie	50.000	90.000	10.000	infinie	infinie	165.000	0
7	2,5**	2,5**	4**	0	5**	4**	5**	5**	5**	4**
8	21.000	70.000	0	21.000	10.000	10.000	155.000	350	5**	5**

** Le chauffage modifie beaucoup la résistance des filaments de lampe.

TABLEAU 323 *bis* B (suite à fig. 323).— Dépannage du récepteur BC-603 des installations SCR 508-528-538; valeurs lues à l'ohmmètre sur ce récepteur.

RESISTANCES EN OHMS, AUX BROCHES DE PG2

Broche	Résistance
1	0
2	4,5 7,0
3, 4, 5, 6	infinie
7	40-60
8	infinie
9	4,5 - 7,0
10, 11	infinie
12	3,6 - 5,4
13	17,000 - 32,000
14	infinie
15	7,0 - 10,6
16, 17, 18	infinie

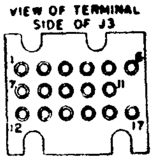
RESISTANCES EN OHMS, AUX BROCHES DE PG1

Broche	Résistance
1	infinie
2	0
A1	infinie
3	800
4, 5	infinie
6	3600
7	250
8, 9	infinie
10	155,000
18	400.000
19, 20, 21	infinie
22	50
23	infinie
24	260.000
25	infinie

RESISTANCE AUX BORNES DES FILTRES

Filtre	Borne	Non modifiée	Résistance modifiée
LCU1	1	0,26 még	0,26 még
	2	0,5 még	0,5 még
	3,4	infinie	infinie
	7	0	0
LCU2	1, 2, 5	28.000	20.000
	3, 4, 8	0	0
LCU3	1	0,1	0,1
	2	40.000	35.000
	3	infinie	infinie
	4	28.000	20.000
	5	50.000	50.000
	6	0,1 még	0,1 még
LCU4	1	28.000	20.000
	2	2,5	2,5
	3	48.000	40.000
	4	0,1 még	0,1 még
FL1	1, 2	80.000	70.000
	3, 4	0,5 még	0,5·még
	5	28.000	20.000
	6	0,26 még	0,26 még
FL2	1, 2	29.000	21.000
	3	0	0
	4	3,5	3,5
	5	28.000	20.000
	6	0,75 még	0,11 még
	7	0,5 még	10.000
	8	0,25 még	50
FL3	1, 2	60.000	10.000
	3	0	0
	4	3,5	3,5
	5	50.000	9.000
	6	0.5 még	0,25 még
	7	0,25 még	10.000
	8	50	50
FL4	1	3.500	3.500
	2	10.000	10.000
	3, 7	155.000	155.000
	4, 6, 8	165.000	165.000
	5	9.000	9.000

Plaquette a prises J3, côté prises



Prise	Résistance
1, 2	infinie
3	17 000-32.000
4	2 még
5	100.000
6	5.0
7, 8	infinie
9	6.000
10	100 000
11	50
12	250
13	0
14	10.000
15	17.000-32.000
16, 17	infinie

Tableau 323 *bis* B (suite à fig. 323). — Dépannage du récepteur BC-603 des installations SCR 508-528-538; valeurs lues à l'ohmmètre sur ce récepteur.

Cas d'une résistance plaque : entre plaque et masse : 30 à 150 volts; entre écran et masse : 15 à 75 volts (1/2 tension plaque) ; entre cathode et masse : 3 à 10 volts; entre grille et masse : zéro volt, sinon la lampe est mauvaise, ou le condensateur allant à la grille est claqué.

Tensions normales lampes finales de puissance : entre plaque et masse : 230 volts; entre écran (G2) et masse : 250 volts; entre cathode et masse : de 6 à 20 volts, selon les types; entre grille et masse : zéro volt, sinon la lampe est mauvaise ou le condensateur de grille est claqué.

Nous rappelons que ce tableau des tensions probables concerne seulement les lampes réception *à chauffage indirect.* Les figures 322 et 323 ont traité la question des lampes batteries à chauffage direct.

SCHÉMAS DES APPAREILS. — Nous prierons le dépanneur de reprendre contact avec la 37e leçon, si le récepteur est à réaction, et les 38e et 39e leçons, si le récepteur est à changement de fréquence (superhétérodyne). Il retrouvera dans ces leçons de technologie les schémas-types de toutes les classes de récepteurs de trafic avec un commentaire des circuits et des réglages. Le schéma exact du poste à examiner sera normalement dans ses archives, mais dans cet ouvrage, il aura trouvé l'analyse de circuits analogues.

■

I. — DÉPANNAGE D'UN RÉCEPTEUR A RÉACTION
(*ou à amplification directe avec réaction*)

a) *Mettre le récepteur sous tensions à l'aide de piles et accus dont on connaît le bon état ou sur un tableau d'alimentation de l'atelier* (voir fig. 328) *et non à l'aide de l'alimentation habituelle.* Mettre le poste en ordre de marche : rhéostat de chauffage en position, casque branché.

b) *Poser le doigt, ou une tige métallique* (tournevis) tenue en main sur *la broche « grille » de la lampe détectrice.* Les figures 320 et 320 *bis* indiquent clairement la méthode. Ce toucher doit déclancher dans le casque un fort ronflement.

c) *Si le ronflement est obtenu, et si la manœuvre de la réaction* (dans le cas — habituel — où elle est réglable) *déclanche le « toc » d'accrochage,* brancher au récepteur l'antenne de l'atelier, et tenter une réception en explorant les différentes gammes d'ondes. En l'absence d'émissions, faire émettre d'une salle voisine avec un émetteur « assorti » comme longueurs d'ondes; si le récepteur fonctionne, la panne signalée était due :

— Soit à l'installation en campagne (antenne par exemple) et l'opérateur aurait pu la déceler;

— Soit à l'alimentation qui équipait l'appareil (voir au paragraphe 361 le dépannage d'une alimentation) ;
— Soit à une trop grande portée, ou à l'inexpérience de l'opérateur.

Mais il faut que, pour l'essai ci-dessus, l'émetteur soit assez éloigné (autre salle) et n'utilise qu'une antenne très réduite : un bout de fil de 1 mètre de long.

Si le récepteur fonctionne, mais avec crachements, voir l'alinéa *h* de ce paragraphe.

■

d) *Le ronflement est obtenu, la manœuvre de la réaction déclanche le « toc » d'accrochage, mais l'antenne branchée, on ne peut obtenir de réceptions sur aucune gamme d'ondes :*

1° SI LE POSTE NE COMPORTE PAS DE LAMPES HF AVANT LA DÉTECTRICE :

— Regarder si le bobinage du circuit d'accord n'est pas coupé (à la « sonnette », voir figures 282 et 285) ;
— Regarder si le bobinage du circuit d'antenne n'est pas coupé (avec la sonnette ou l'ohmmètre) ;
— Regarder s'il n'y a pas court-circuit d'un point du circuit d'antenne (fil de liaison, bobinage ou plots du combinateur émission-réception) avec un autre circuit. S'il y a des traces de carbonisation par étincelles sur le combinateur E-R, celui-ci est coupable. Le réparer comme indiqué au paragraphe 369, alinéa *b*;
— Regarder si les contacts du circuit d'antenne et du circuit d'accord (manettes à plots, inverseurs, combinateur E-R) sont bien francs.

2° SI LE POSTE COMPORTE UNE OU PLUSIEURS LAMPES HF AVANT LA DÉTECTRICE :

— Changer les lampes HF, une à une, par celles du jeu de rechange.
— Vérifier les tensions aux électrodes (plaques-écrans-cathodes) des lampes HF (voir le tableau des tensions probables au début de ce chapitre 360). En cas d'absence de tension ou de tension anormale, vérifier si le circuit de cette électrode (bobinage ou résistance et condensateurs) n'est pas coupé ou en court-circuit (faux contact ou condensateur claqué).
— Vérifier les circuits grille des lampes HF : bobinages et condensateurs, coupés ou en court-circuits. Vérifier, s'il existe, le contacteur de gammes d'ondes (court-circuit à la masse ou circuit débranché).
— Monter un condensateur variable auxiliaire, par fils volants, à la place de l'une des cellules du condensateur variable d'accord, auparavant débranchée. Ainsi, si la non-réception provient

d'un déréglage important des ajustables correspondants à une section du condensateur du poste, on aura des réceptions aussitôt qu'on effectuera l'accord à l'aide des deux commandes : celle du CV du poste et celle du CV auxiliaire remplaçant une cellule du CV du poste.

Si le condensateur variable du poste est à 3 cellules, on fera deux fois l'essai, de façon à ce que chaque cellule du CV du poste ait pu être employée seule à l'accord du poste.

En cas de déréglage, si l'on ne possède pas de générateur hétérodyne HF pour injecter à l'entrée du poste un signal constant qui servira de base aux réglages de la nouvelle mise au point (sur deux longueurs d'onde de chaque gamme), *il faudra réserver cette opération au constructeur du récepteur.*

Le court-circuit entre lames d'un condensateur variable sera pareillement signalé par son remplacement par le CV adjoint. On inspectera alors pour élimination de la poussière coupable, ou redressement de la lame faussée.

En cas d'accident mécanique aux condensateurs variables, le retour au constructeur s'impose, car la réparation devra être suivie d'une nouvelle mise au point des circuits HF.

Vérifier les circuits d'entrée : antenne, terre, leur commutation aux bobinages d'entrée, leur isolement.

■

e) *le ronflement à la détectrice est obtenu, la manœuvre de la réaction déclanche le toc d'accrochage, mais le poste ne fonctionne pas sur une seule gamme d'ondes.*

— Vérifier le commutateur de gammes d'onde sur la position intéressée : faux contact, contact non assuré, court-circuit à la masse d'un contact.
— Vérifier les bobinages mis en service sur la gamme d'ondes intéressée : coupure ou court-circuit.
— Vérifier les condensateurs fixes ou ajustables placés en parallèle sur les enroulements mis en service pour la gamme d'ondes intéressée (court-circuit).

■

RÉPARATIONS. — Resserrer les contacts, ou ressouder les fils, ou séparer les fils s'il y a faux contact, ou réparer le combinateur comme indiqué. Mais si la panne vient d'une coupure d'un bobinage, ce bobinage doit être réparé par le constructeur lui-même, car l'étalonnage du poste en sera modifié. Ne réparer que si la coupure est en fin d'enroulement. Autrement, « *retour de l'appareil au constructeur* », en signalant quel est le circuit coupé.

e) *Le ronflement est obtenu, mais la manœuvre de la réaction ne peut déclancher le « toc » d'accrochage, ou le déclanche difficilement, à fin de course :*

— Faire l'essai d'une lampe neuve, pour la détectrice;

— Vérifier les tensions de chauffage et la tension plaque directement aux broches de la lampe détectrice (voir tableau des tensions probables au début de ce chapitre 360; prendre les tensions des lampes basse fréquence), toute anomalie (tensions plus faibles) doit trouver explication dans un court-circuit (faux contact) entre deux fils de connexion voisins;

— Regarder si le retour de la résistance de détection (résistance de grille de la détectrice) est bien fait sur le pôle + BT du filament et non sur le pôle — BT par suite, regarder si la batterie chauff. est correctement branchée, pour qu'il en soit ainsi;

— Faire l'essai du remplacement du condensateur fixe (de 0,05 à 0,25/1.000 de µF) placé dans le circuit grille de la détectrice. Faire de même l'essai du remplacement de la résistance de grille de la détectrice (500.000 ohms à 4 mégohms) ;

— Regarder si le bobinage « de réaction » n'est pas coupé (avec la « sonnette » (fig. 318 et 321) ou n'est pas en court-circuit. Regarder si aucun point du circuit de réaction n'est en faux contact avec un autre circuit;

— Regarder si les lames fixes et les lames mobiles du condensateur variable de réaction (s'il y en a un) ne sont pas en contact (avec la « sonnette », fig. 318 et 321).

La panne doit être trouvée dans l'un des essais ci-dessus; elles peuvent toutes être réparées facilement : faux contacts à éliminer, résistance ou condensateur à remplacer, sauf celles-ci :

1° Court-circuit entre les lames fixes et mobiles du condensateur de réaction; si on ne peut l'éviter, changer le condensateur de réaction;

2° Coupure du bobinage de réaction. Si la coupure est à l'intérieur de l'enroulement, le « *retour de l'appareil au constructeur* » est préférable.

■

f) *Le ronflement en posant le doigt sur la grille de la détectrice ou de la 1re BF n'est pas obtenu :*

1° *Faire l'essai du changement des lampes détectrice et basse fréquence par un jeu de rechange.* Puis, si le ronflement est obtenu (poste dépanné), replacer une à une les lampes anciennes en vérifiant chaque fois que le ronflement peut être obtenu. La lampe qui entraîne à nouveau la panne doit être supprimée. Prendre garde que deux, ou même trois lampes peuvent être mauvaises.

2° Faire l'essai du changement de casque.

3° *Vérifier les tensions BT et HT aux électrodes des lampes et en différents points du circuit*; ces opérations seront guidées par le tableau des tensions probables.

4° *Si la tension de chauffage* (1,4 *à* 6 *volts*) *est nulle ou faible :*

— Regarder s'il n'y a pas coupure d'un des fils du circuit de chauffage ou mauvais contact aux plots du combinateur émission-réception qui assurent la liaison de l'alimentation aux filaments des lampes.

— Regarder s'il n'y a pas court-circuit par faux contact entre un des fils du circuit de chauffage et un circuit différent; ou s'il n'y a pas court-circuit (traces de carbonisation) entre les plots du combinateur émission-réception. Dans ce dernier cas, la méthode de réparation du combinateur a été examinée au paragraphe 359, alinéa *b*).

5° *Si la tension plaque d'une des lampes est nulle :*

— Regarder si l'organe placé en série dans le circuit plaque de cette lampe n'est pas coupé (à l'aide de la « sonnette ») : primaire de transformateur basse fréquence, ou résistance, ou casque si c'est la dernière lampe (pendant cette vérification couper l'alimentation, fig. 324).

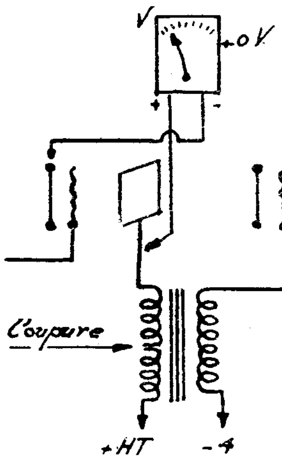


Fig. 324

Exemple d'une coupure dans le circuit plaque d'une lampe signalée par la lecture 0 volt du voltmètre V branché entre plaque et filament de cette lampe.

— Lorsque la plaque de cette lampe est reliée au — BT ou au + BT par un petit condensateur fixe, remplacer ce condensateur fixe qui doit être claqué (valeur : entre 0,2/1.000 et 2/2.000 de μF par un neuf de même valeur. Exemple : fig. 325.

— Lorsqu'un point du circuit plaque, vers le + HT par exemple, est relié au — HT par un condensateur fixe, faire l'essai du remplacement de ce condensateur.

6° *Si la tension plaque d'une des lampes est anormalement faible.* Nous croyons bon de rappeler tout d'abord que si dans le circuit plaque de cette lampe est placée une résistance, il est tout à fait normal que la tension soit très inférieure à celle du + HT, puisqu'il y a chute de tension dans la résistance (voir le tableau). Nous ne considérons ci-dessous que les cas de tensions certainement *anormales* :

— Regarder si aucun point non isolé du circuit plaque de cette lampe n'est pas en faux contact avec un circuit différent;

— Lorsque la plaque de cette lampe est reliée au — BT ou au + BT par un petit condensateur fixe, remplacer ce condensateur fixe qui doit être presque « claqué » par un neuf de même valeur (EXEMPLE : fig. 325) ;

— Lorsque la plaque de cette lampe est reliée à la grille de la lampe suivante par un condensateur fixe (de 5/1.000 à 20/1.000 de µF), celui-ci peut être claqué. Le remplacer par un neuf de même valeur (EXEMPLE : fig. 325, condensateur C').

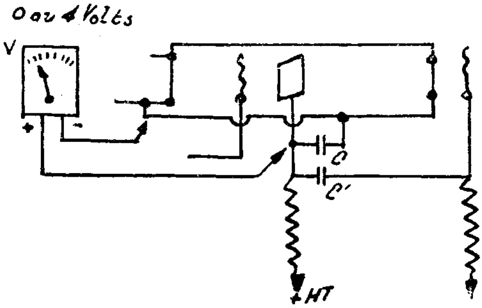


Fig. 325

Autre exemple de panne du circuit plaque : le condensateur C est « claqué », ce qui fait que le voltmètre V indique 0 volt ou 4 volts, au lieu de +HT volts. La même panne peut être produite par le « claquage » de C' qui relie la plaque à la grille.

7° *Si la tension d'écran est nulle.* Vérifier si le condensateur fixe placé entre écran et masse n'est pas claqué (en le débranchant, la tension écran reprend sa valeur). Le remplacer. Vérifier si la résistance entre écran et +HT n'est pas coupée (en mettre une autre en parallèle).

8° *Si la tension entre cathode et masse (cas d'une lampe à chauffage indirect) est anormale.* Si elle est très élevée, c'est que la résistance entre cathode et masse est coupée. Si elle est nulle, regarder si dans le schéma la cathode doit être réunie à la masse; si oui, c'est normal; si non, il y a court-circuit; vérifier le condensateur placé entre cathode et masse.

9° *S'il y a une tension positive entre grille BF et masse* : la lampe est mauvaise, ou le condensateur fixe arrivant à la grille est claqué. Remplacer.

■

g) *Le ronflement n'est pas obtenu en posant le doigt ou une tige métallique sur la grille de la lampe détectrice ou de la 1re BF, et cependant les lampes ont été changées et les tensions de plaque d'écran, de cathode et de chauffage des lampes sont normales* :

— Si les liaisons entre étages sont faites par transformateurs basse fréquence, regarder « avec la sonnette » (l'alimentation du poste étant coupée) si le secondaire de chaque transformateur n'est pas coupé ;

— Si un condensateur fixe est placé en parallèle sur l'enroulement primaire ou secondaire d'un transformateur BF (fig. 326) ou sur une résistance de plaque, ou sur le casque (fig. 327)

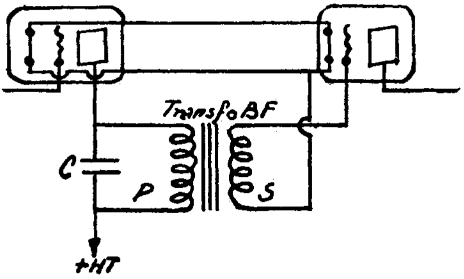


Fig. 326
Une panne possible : claquage du condensateur C (1 à 2/1.000 de µF) qui court-circuite ainsi le primaire du transfo BF.

faire l'essai de débrancher ce condensateur. Si alors il est possible d'obtenir le ronflement, le condensateur devra être définitivement ôté et remplacé par un autre de même valeur;

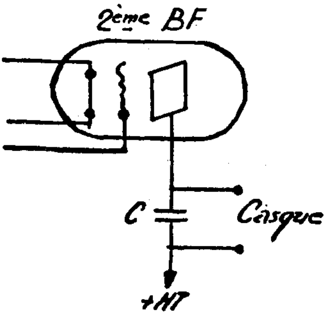


Fig. 327
Une panne possible : claquage du condensateur C (2 à 6/1.000 de µF) qui court-circuite ainsi le casque d'écoute.

— Regarder si le dispositif de commutation d'ondes fonctionnant mal, l'extrémité « grille » du circuit d'accord de la détectrice n'est pas mise accidentellement en court-circuit avec un autre circuit.
— Regarder si les lames fixes et les lames mobiles du condensateur variable accordant le circuit d'entrée de la détectrice ne sont pas accidentellement en contact.

RÉPARATIONS. — La dernière cause de panne (indiquée ci-dessus) peut demander le « *retour de l'appareil au constructeur* », si l'on risque de déformer notablement les lames du condensateur variable, ce qui entraînerait un changement dans la mise au point de l'appareil.

■

h) *Le récepteur fonctionne, mais avec crachements.* Tout d'abord, débrancher l'antenne; si les crachements cessent, ils sont produits par des perturbateurs extérieurs (parasites). S'ils subsistent :
— Regarder soigneusement les circuits du poste pour voir si deux fils voisins ne sont pas accidentellement en contact, ou si un corps étranger (écrou par exemple) ne voyage pas à l'intérieur de l'appareil;
— Regarder soigneusement s'il n'y a pas de connexion dessoudée, de borne ou d'écrou desserrés;
— Regarder si les contacts des inverseurs, manettes à plots et combinateurs sont francs, si les plots ne sont pas oxydés.
— Regarder si les lampes et les selfs sont parfaitement enfoncées dans leurs supports, sans jeu. Au besoin ouvrir un peu les broches fendues pour augmenter l'adhérence.
— Si les crachements persistent :

1° Changer les lampes une à une;
2° Regarder si une résistance ne crache pas lorsqu'elle est choquée. La remplacer.
3° Les câbles de liaison au casque ou à l'alimentation étant vérifiés et hors soupçon, il est à craindre que les enroulements d'un transformateur basse fréquence soient en voie de se couper.

■

II. — DÉPANNAGE D'UN RÉCEPTEUR SUPERHÉTÉRODYNE (*à changement de fréquence*)

a) *Mettre le récepteur sous tensions à l'aide de piles ou d'accus dont on connaît le bon état, ou sur un tableau d'alimentation de l'atelier* (voir fig. 328) *et non à l'aide de l'alimentation habituelle.* Mettre le poste en ordre de marche, antenne, allumage, réglage de puissance, casque branché (ou haut-parleur, s'il y a lieu) ;

b) *Poser le doigt ou une tige métallique* (tournevis) *tenue en main sur la grille de la lampe détectrice* ou de la lampe première basse fréquence si la détectrice est une diode (voir fig. 320 et 320 *bis*). Ce toucher doit déclancher dans le casque un fort ronflement;

c) *Si le ronflement à la détectrice ou à la première BF n'est pas obtenu ou s'il est faible*, se considérer dans l'un des cas *f* ou *g* du dépannage des appareils à amplification directe (partie I de ce chapitre 360). En effet, ce sont les étages basse fréquence qui sont coupables. L'alimentation est hors de cause, puisque le poste est branché sur une alimentation saine de l'atelier;

■

d) *Les cas précédents étant écartés (étages BF sains), si aucune réception n'est obtenue,* toucher la grille de commande (au sommet) de la lampe changeuse de fréquence. Si un claquement net est entendu au casque ou au haut-parleur, l'étage ou les étages MF sont sains. Sinon, *vérifier l'étage ou les étages MF :*

1° changement de la lampe MF et de la lampe changeuse, une à une;

2° vérification des tensions de la lampe MF (voir tableau des tensions probables donné en tête de ce chapitre 360) ;

3° si la tension plaque est nulle ou faible : regarder si le primaire du transfo MF de sortie n'est pas coupé (à la sonnette figures 318 et 321). Vérifier s'il n'y a pas un contact entre ce circuit plaque et la masse (par un ajustable d'accord MF par exemple) ;

4° si la tension d'écran est nulle ou faible ou trop élevée : vérifier condensateur et résistances d'écran;

5° si la tension de cathode est trop élevée, remplacer la résistance de cathode. Si elle est nulle, quoique la cathode ne doive pas être à la masse d'après le schéma, le condensateur de cathode est claqué;

6° si les tensions sont normales, vérifier (à la sonnette, mais en le débranchant) le condensateur ajustable ou fixe accordant le circuit plaque (primaire du transfo MF de sortie), il doit être en court-circuit. Le remplacer. Si non, vérifier celui du circuit grille et du circuit plaque de la lampe précédente (primaire et secondaire du transfo MF d'entrée). S'ils sont en bon état, vérifier le circuit grille (enroulement coupé) ;

7° si tout est en état à l'étage MF, vérifier le circuit plaque de la lampe changeuse de fréquence et ses tensions.

■

e) *un claquement net est facilement obtenu au toucher de la grille de la lampe changeuse de fréquence, mais il n'y a pas de réceptions sur aucune gamme d'ondes.*

1° échanger la lampe changeuse de fréquence;

2° vérification des tensions de la lampe changeuse de fréquence (et de l'oscillatrice, si elle est séparée) ; se guider sur le tableau des tensions probables doné en tête de ce chapitre 360) ;

3° en cas de tension plaque, écran, plaque oscillatrice ou cathode nulle ou fausse, vérifier le circuit correspondant : résistances, condensateurs, enroulements (surtout selfs de choc) ;

4° en cas de tensions normales, vérifier si l'oscillatrice oscille (voir méthode du paragr. 287, si l'on peut mettre un milli de 0 à 1 dans le circuit grille, ou tenter l'expérience dite pour les émetteurs en alinéa *d*) du par. 359). Si elle n'oscille pas, vérifier les circuits oscillateurs, coupures ou court-circuits ou faux contacts (au commutateur de gammes, aux enroulements, aux condensateurs). Vérifier le condensateur variable et les ajustables accordant l'oscillatrice;

5° en cas de tensions normales et circuits oscillateurs corrects, vérifier le circuit grille;

6° vérifier les circuits entrée, antenne, surtout au commutateur d'ondes, les condensateurs variables, et s'il y a des étages amplificateurs HF les vérifier : lampes, tensions, circuits, comme un étage MF (se référer à *d*) ci-dessus;

■

f) *comme le cas (e), mais une seule gamme d'ondes ne donne pas de réceptions.*

1° vérifier tous les circuits HF et oscillatrices commutés pour la gamme en question : contacts du commutateur, coupures ou court-circuits d'enroulements, court-circuits d'ajustables;

2° si ce sont les gammes ondes courtes qui sont en défaut, et que les vérifications 1° n'ont rien donné, vérifier les tensions de la changeuse de fréquence qui peuvent être critiques pour le fonctionnement en O.C., mais se contenter d'à peu près pour le fonctionnement en P.O. et M.O,

■

g) *le récepteur fonctionne mais faiblement, aucun déréglage des réceptions.* Procéder aux essais du cas *b* et *c* (pannes BF). Si les étages BF sont sains, les transfos MF doivent être déréglés, à moins qu'une prise de grille au sommet d'une lampe ne soit débranchée. Cela se distingue à ce qu'il y a du souffle (bruit de fond). Au contraire, si la faiblesse de réception est due à la BF, il n'y a pas de souffle.

Le réglage des transfos MF ne peut être fait par l'atelier de dépannage que s'il est équipé pour cela : générateur HF, milliwatt-

mètre modulé ou voltmètre à cadre sensible si le poste a un dispositif antifading (1). Donc normalement *un déréglage MF impose le retour au constructeur.*

■

h) *le récepteur fonctionne faiblement et les stations ne sont plus du tout sur leurs réglages, pour toutes les gammes d'ondes.* Les transfos MF sont déréglés, voir cas « *g* » ci-dessus;

i) *le récepteur fonctionne faiblement et les stations ne sont plus du tout sur leurs réglages, mais pour une seule gamme d'ondes.* Sur les autres gammes, réception normale.

L'alignement des circuits HF et du circuit de l'oscillatrice pour cette gamme d'ondes est déréglé (trimmers et padding). Ce réglage qui doit se faire avec générateur hétérodyne HF, milliwattmètre modulé ou voltmètre à cadre sensible si le poste est antifading (1), n'est pas normalement à la portée de l'atelier de dépannage du parc. En ce cas, *retour au constructeur.*

■

III. — PANNES AMENANT DÉFORMATIONS ET SIFFLEMENTS.

a) *le poste est faible et la phonie est très déformée :* vérifier les étages BF selon les cas *f* et *g* des récepteurs à amplification directe, paragraphe I de ce chapitre 360. Condensateurs claqués, lampes mauvaises sont les causes les plus fréquentes;

b) *le poste est puissant, mais phonie très déformée :* brancher l'antenne au circuit d'accord de la détectrice côté grille, et tenter une réception. Si la déformation subsiste : vérifier les étages BF (lampes mauvaises, condensateurs claqués). Si elle est supprimée, vérifier les étages HF (et MF s'il y a lieu), notamment au point de vue *lampes, tensions d'écran, condensateurs d'écrans coupés* (en mettre un en parallèle pour comparer) ;

c) *les réceptions sont couvertes par un accrochage : sifflements ou « coups de piston » (bruit d'un échappement de motocyclette).* Condensateur de découplage coupé : essayer de mettre un condensateur fixe de 0,5 µF en parallèle sur chaque condensateur de découplage (écrans, plaques, circuits HT). — *Blindage de lampes non réuni à la masse. Blindage d'enroulement débranché de la masse. Prise de grille au sommet d'une lampe débranchée ou mal enfoncée.* Connexion de

(1) Voir *Technique de l'Alignement des récepteurs à commande unique* par G. GINIAUX. Un volume de 64 page, Chiron éditeur.

plaque d'un étage voisine de sa connexion de grille. — *Connexions trop longues* qui se sont déplacées. Fils de sortie (casque ou H.-P.), voisins des circuits d'entrée (antenne). — *Tensions fausses :* vérifier, puis chercher la cause (résistances-condensateurs) dans le circuit de l'électrode intéressée.

361. — Dépannage des organes d'alimentation. — Bien des pannes proviennent des équipements d'alimentation des appareils. Leur défaillance sera :

— Ou signalée par l'opérateur du poste, à la suite des vérifications conseillées dans la première partie de cette leçon (paragraphes 256-257) ;

— Ou constatée par le dépanneur d'atelier, le fonctionnement de l'appareil étant normal avec les sources de tensions de l'atelier.

Voici les différentes pannes d'alimentation que l'atelier aura à localiser et réparer, *la première vérification s'étant assurée de l'état des fusibles BT et HT s'ils existent et qui causeraient la panne « bête »* :

a) BRANCHEMENTS INCORRECTS DES SOURCES. — Les schémas d'appareils publiés indiquent comment les sources doivent être branchées. Il y a lieu de surveiller particulièrement le branchement du —HT (— de la pile, de l'accu, ou de la machine à main ou du convertisseur), qui selon les cas se fait au +BT ou au —BT. Les figures 308 à 313 de la 41^e^ leçon ont montré des exemples de branchement d'un dispositif complet d'alimentation.

b) COUPURES DANS LES CABLES D'ALIMENTATION. — Chaque conducteur d'un câble se vérifie facilement en branchant la « sonnette » (fig. 318 et 321 ci-dessus) entre ses deux extrémités. La coupure trouvée (le voltmètre ne déviant pas), on cherchera son emplacement en froissant le câble : le voltmètre dévie quand les conducteurs se mettent en contact momentané. Réparation : quand on le peut, raccourcir le câble complet en rebranchant l'une des fiches à l'endroit où la coupure s'est produite.

c) COURT-CIRCUITS ENTRE LES CONDUCTEURS A LEUR BRANCHEMENT AUX BROCHES DE LA FICHE. — Cette panne résulte d'un manque de soin dans le branchement des fils : les brins métalliques d'un fil, mal serrés sous l'écrou, ou trop longs, touchent à la connexion voisine. En réparant, vérifier les autres fils du câble.

d) PANNES DES PILES. — Nous rappelons que toute l'étude pratique des piles employées en Radio militaire a été faite à la 41^e^ leçon : paragraphes 319-320. Les pannes sont rares : l'humidification d'une pile, accident possible, entraîne sa mise hors service sans espoir de rétablissement. Les piles mal amorcées (méthode d'amorçage décrite

paragraphe 320), avec excès d'électrolyte, peuvent être ainsi mises en court-circuit : elles sont hors d'usage en quelques jours.

e) PANNES DES ACCUMULATEURS. — Outre que l'étude pratique des accus employés en Radio militaire a été faite également à la 41ᵉ leçon : paragraphes 321-322, avec la méthode de recharge des accus (322), nous aurons, en fait de pannes, à renvoyer le Radio à la partie Electricité de cet ouvrage, qui aux paragraphes 66 et 67, donne les « règles d'entretien des accumulateurs au plomb, et au cadmium-nickel ».

f) PANNES DES MACHINES GÉNÉRATRICES ET CONVERTISSEURS. — Les types de machines et de convertisseurs utilisés pour fournir la tension plaque des émetteurs ont été présentés dans la 41ᵉ leçon au chapitre 323.

Pour le fonctionnement d'une machine à main ou à pédale, son entretien (graissage-encrassement), et sa *vérification* (pannes), nous recommandons l'étude faite dans la partie « Electricité » de cet ouvrage, au chapitre 116.

La vérification d'un convertisseur se fera selon les mêmes méthodes.

Des organes adjoints à la machine peuvent aussi se trouver en panne :

Le conjoncteur-disjoncteur qui coupe la liaison entre le circuit 5 volts et l'accu, dès que la machine arrête de tourner, peut rester accidentellement en contact : « l'accu se décharge ». Cette panne est une panne *mécanique* : le démontage en bout d'arbre de la machine, du côté de la sortie des fils 5 volts est nécessaire : une défaillance du ressort ou l'encrassement sont les causes possibles;

Le filtre HT monté en série entre le + HT fourni par la machine ou le convertisseur, et le branchement + HT du récepteur (voir schémas publiés dans ce livre, fig. 235, 302, 308 à 312) peut être en défaut : *coupure de l'enroulement d'une self à fer*, ou *claquage d'un condensateur* de filtrage. Dans les deux cas, la panne est signalée par l'absence de voltage entre + et — HT. Ces pannes commandent le remplacement de l'organe défectueux.

g) CLAQUAGES DES CONDENSATEURS DE DÉCOUPLAGE. — Dans toutes les alimentations haute tension, piles, accus, machines à main ou convertisseurs, où il a été prévu pour le filtrage du courant ou le « découplage » (c'est-à-dire le passage facile des variations HF) un condensateur entre + et — HT, il y a lieu, lorsque le voltmètre indique entre ces points une tension nulle ou anormalement faible, de débrancher ce ou ces condensateurs; si la tension devient plus élevée, le condensateur « claqué » (en court-circuit) doit être remplacé par un autre de même valeur.

Un ronflement anormal, avec ou sans diminution de la HT fournie, doit faire essayer de brancher un condensateur de filtrage neuf en parallèle tour à tour sur chacun des condensateurs du filtre. Pour l'un d'eux, le ronflement disparaîtra, la HT reprendra sa valeur normale.

CIRCUITS DE SÉCURITÉ. — Revoyez le paragr. 324 (et fig. 313 *bis*) sur les circuits de sécurité coupant l'alimentation HT, par exemple sur les stations auto OTC SADIR 2314.

362. — Réalisation d'une boîte d'alimentation pour l'atelier de dépannage, fournissant toutes les tensions utiles.

Ce dispositif rendra les services les plus signalés aux dépanneurs en permettant le branchement instantané, aux tensions exactes, de n'importe quel appareil de puissance moyenne. Des tableaux d'alimentation plus importants, qui peuvent être aussi réalisés, ont été donnés en figures 311 à 313 *ter* à la 41e leçon.

La source d'alimentation est le secteur électrique alternatif.

Le dispositif est un *redresseur de courant à valve diode*, placé après un *transformateur* qui fournit en alternatif une tension élevée. L'étude du fonctionnement a fait l'objet des paragraphes 244 et 277.

Un dispositif de *filtrage* (selfs à fer et condensateurs) régularise le courant. (Etude au paragraphe 202 de cet ouvrage.)

Un *diviseur de tension* formé d'une résistance à prises permet de prendre entre + HT et — HT, six valeurs de tensions différentes. Des condensateurs fixes de 2 µF entre chaque prise et le — HT, régularisent les tensions fournies en empêchant toute variation HF ou BF.

La figure 328 donne le schéma complet de l'appareil.

USAGE DE L'APPAREIL. — Les six prises, réalisées grâce à des colliers de serrage sur la résistance, donnent des tensions échelonnées; *il faudra mesurer au voltmètre les tensions réelles données à l'appareil alimenté, donc lorsque celui-ci sera branché et en marche.*

On modifiera la valeur de ces tensions en manœuvrant le rhéostat qui commande le chauffage de la valve.

Nous n'avons pas prévu la fourniture de la basse tension (4 ou 6 volts), l'emploi d'un accumulateur BT étant très simple.

Pour fournir également la tension 1,5 à 4 volts pour des lampes de réception à chauffage direct, il faudrait prévoir sur le transformateur d'alimentation un troisième enroulement secondaire, pour tension de 8 à 10 volts et placer dans le circuit, un redresseur oxyde-cuivre (type Westinghouse) qui donnera le courant continu désiré. La chute de tension dans le redresseur est telle qu'à la sortie la tension n'est plus que de 6 volts. Un dispositif de filtrage avec self à fer et deux condensateurs est encore à prévoir pour ce courant BT;

il est coûteux, car la self à fer doit pouvoir laisser passer 500 milliampères, et les condensateurs doivent ici être de 2.500 μF chacun, isolés à 6/8 volts.

Si les lampes à alimenter sont à chauffage indirect, un enroulement BT sur le transfo d'alimentation suffit à les chauffer.

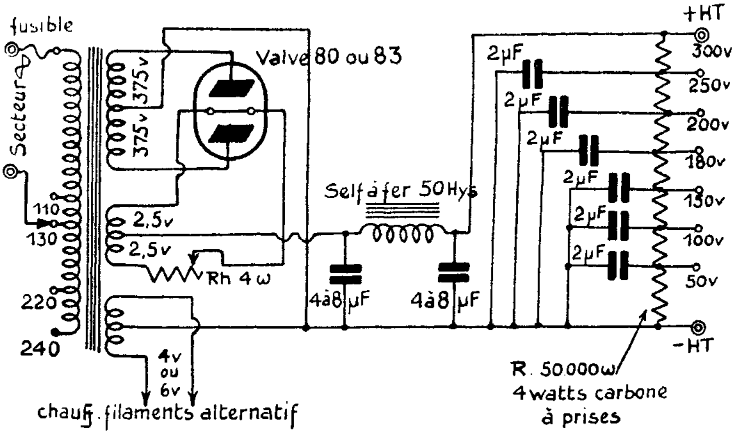


Fig. 328

Boîte d'alimentation HT fournissant 6 tensions différentes réglables par la manœuvre du rhéostat.

Nous rappelons qu'en théorie, nous avons donné le schéma d'une alimentation stabilisée, très utile pour les appareils à très haute fréquence, ondes métriques et décimétriques (par. 283 *ter*).

363. — Technologie des résistances.

Valeur ohmique. — La résistance est un élément de circuit que l'on insère par soudures pour obtenir une charge résistive donnée, en ohms.

On fabrique ces « résistances », soit en agglomérant des matériaux donnés en un bâtonnet, soit en déposant une couche conductrice résistante sur un support de porcelaine, soit en bobinant un fil de constantan ou de maillechort sur un support.

Valeurs courantes : de 10 ohms à 20 mégohms (20.000.000 ohms) mais la tolérance des valeurs à 10 % près a permis de fabriquer surtout des valeurs *normalisées* telles qu'il y ait continuité : 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, si la tolérance est de 20 %, on supprime une valeur sur deux : 10, 15, 22, 33, 47, 68, 100, 120, etc... (en multipliant par 10, puis par 100 et par 1.000 les chiffres de la première ligne).

Marquage. — 1° Système à point ou anneau unique central : la couleur du corps donne le premier chiffre, celle du bout donne le

deuxième chiffre, la couleur du point ou anneau donne le nombre de zéros.

2° Système à anneaux successifs : l'anneau de couleur métallique donne l'importance de la tolérance : or 5 %, argent 10 %, pas d'anneau métallique 20 %.

Les anneaux à partir de l'extrémité opposée donnent : le premier, le premier chiffre; le deuxième, le deuxième chiffre; le troisième, le nombre de zéros.

Code des couleurs. — Noir : 0; marron : 1; rouge : 2; orange : 3; jaune : 4; vert : 5; bleu : 6; violet : 7; gris : 8; blanc : 9.

Puissance. — La taille, le diamètre déterminent si la résistance peut supporter 0,25 ou 0,5 ou 1 watt ou 2 watts, etc...

$W_{(watts)} = R \times I \times I_{(amperes)}$ ou $W_{(watts)} = \frac{E \times E}{R}$ (E : volts entre les extrémités de la résistance de R ohms).

CONCLUSION

IMPORTANCE DES TRANSMISSIONS RADIO

Elles sont la base même de la vie moderne.

Organismes civils et militaires les ont adoptées, et sans la Radio, le problème des liaisons paralyserait la marche du progrès.

L'armée moderne n'est pas seulement l'armée des unités motorisées.

La coordination de marche des appareils (avions, autos, chars, etc.), la coopération entre elles des unités les plus diverses, le réglage à distance des tirs, le repérage et l'écoute des émissions, la liaison entre les forteresses modernes, sont les tâches primordiales que les services de transmission ont à assumer.

Les transmissions sont l'apanage d'une arme spécialisée de l'armée française. Dans chaque unité de l'armée française, un groupe des transmissions fonctionne : il est le premier auxiliaire du Commandement.

La Radio assume la part la plus importante des transmissions militaires. Elle seule a permis l'extraordinaire développement des liaisons. Ce rôle s'étend encore chaque jour.

De plus, nous attirons l'attention des radios qui gardent la vocation de ce métier sur les débouchés immenses de la profession *civile* de radiotélégraphiste. Les certificats des P.T.T. de 2e ou de 1re classe sont les premiers brevets à obtenir pour l'exercer à terre. Ensuite, pour naviguer ou être radio-volant, des examens complémentaires « marine » ou « aéronef » sont nécessaires. Mais les spécialistes de l'armée, de la marine nationale et de l'aviation formés par cet ouvrage sont à même d'aborder les épreuves techniques électricité et radio de l'examen P.T.T. qui est à la base de leur entrée dans la carrière civile (1). L'examen de 1re classe P.T.T., qui permet de devenir chef de poste civil, demande nettement une culture mathématique plus poussée.

(1) Les examens de radiotélégraphistes civils P.T.T. comportent en plus : des épreuves de lecture au son, manipulation, géographie professionnelle, réglementation internationale des radiotélégrammes et leur taxation (voir P.T.T., instruction SF) et la manœuvre des postes de bord. Ce dernier point, comme l'électricité et la radio, sont acquis par les techniciens formés par cet ouvrage.

Les Radios ne peuvent ignorer ce que la vie civile demande à leur spécialité, et l'étendue des services assurés par cette corporation où ils peuvent entrer pour leur vie.

La Marine doit à la Radio ses méthodes modernes de navigation, sa sécurité, sa liaison permanente du navire avec les ports d'attache, avec les stations météo qui le conseillent, avec la vie commerciale des pays auxquels sont unis ses navires marchands ou ses passagers, avec l'information mondiale.

L'Aviation lui doit plus encore la détermination des routes à suivre, la sécurité de ses aéronefs, leur liaison permanente avec la vie des pays quittés, survolés et à atteindre. Elle lui demande même d'être au service des moindres détails du pilotage et de l'atterrissage des avions, par tous temps.

Les Colonies doivent à la Radio non seulement la liaison permanente et immédiate avec la métropole, et entre elles, mais leur vie propre. Par elle, les postes les plus retirés reçoivent la vie, spirituelle et morale, comme la possibilité des échanges économiques qui les nourrissent.

■

Ce rôle d'artère vitale entraîne la grandeur des responsabilités de ceux qui en assurent le fonctionnement.

Aux techniciens que nous avons formés, nous devons adresser ici quelques mots sur l'importance de leur mission. Par la valeur de leur travail, l'effort intelligent qu'ils auront à fournir, par la grandeur de leurs responsabilités, ils seront placés à un poste de choix dont ils doivent être dignes.

Adoptant encore ici la méthode d'exposé respectée tout au long de ce cours, nous leur donnons ces derniers avertissements en quatre points :

Discipline, exactitude, célérité et discrétion du bon radio.

DISCIPLINE. — Les bienfaits de la discipline militaire assurent au fonctionnement des services Radio de l'armée l'ordre et l'organisation nécessaire, la sécurité des transmissions effectuées. Ce ne sont pas les règles de la discipline que nous avons à étudier ici. Nous rappellerons d'elles le respect de l'autorité hiérarchique. Mais les Radios ont des règles particulières à observer. Nous les résumerons ainsi :

Respect formel des règles de service (voir paragraphes 347 à 354), des abréviations de service, des règles particulières au réseau (indicatifs — heure d'écoute ou de transmission — emplacement des postes — axes d'orientation — longueurs d'onde, puissances — silences imposés à heures données — camouflage des émissions, écoute des renseignements météorologiques, etc...), tous points fixés par le Chef du groupe de Transmissions.

Respect formel des textes confiés par les expéditeurs.

Au poste lui-même, exécution ordonnée des directives du chef de poste (qu'il s'agisse du service d'écoute ou du montage de l'antenne...)

Le service est assuré en toutes conditions et n'est interrompu que sur ordre. Toute interruption forcée (pannes-accidents) fait l'objet d'un compte rendu à l'autorité dirigeant le service, en même temps qu'à l'autorité de l'organisme desservi. S'il est possible, les correspondants du réseau sont avertis.

EXACTITUDE. — Nous ne parlons pas seulement de l'exactitude en tant que respect des horaires fixés, mais bien plus de l'exactitude des textes transmis.

Lorsque le texte est collationné, les abréviations prévues pour demander confirmation s'il y a eu brouillages, assurent une exactitude certaine. Mais l'entraînement de lecture au son du Radio l'amènera à prendre les textes rigoureusement exacts, même en cas de brouillage; la demande de répétition doit être évitée le plus possible, car l'ennemi est à l'écoute.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'importance de la transmission correcte des télégrammes, qui ne sont jamais en langage clair, mais qui comportent des mots de code ou des abréviations où le changement d'une lettre suffirait à fausser totalement le sens. Les transmissions déterminant la conduite même des opérations militaires, communiquant des ordres aussi précis que ceux du réglage du tir de l'artillerie, appellent avant tout l'exactitude.

CÉLÉRITÉ. — Nous classons cette qualité après l'exactitude, la justesse du texte important bien plus encore que la rapidité de liaison. Cependant, l'écoute des stations adverses, la transmission des messages, etc..., demandent au manipulant ou au lecteur de joindre la rapidité à l'exactitude. Ainsi les opérateurs entraînés « lisent-ils » sans difficulté les messages manipulés automatiquement à plus de 1.500 mots/heure.

Bien entendu, la célérité du Radio se manifeste également dans l'installation du poste, la liaison avec les expéditeurs et les destinataires : la pratique donne tout cela.

DISCRÉTION. — Nous touchons au point essentiel de la sécurité des transmissions. La Radio n'est pas discrète par elle-même, loin de là. L'émetteur diffuse autour de lui, et n'importe qui peut capter.

La transmission en langage chiffré (codes) et parfois la rapidité de transmission (automatique) diminuent les risques d'indiscrétions.

Le Radio doit non seulement ne pas divulguer aucun détail relatif aux textes transmis, aux codes employés, aux détails de service indicatifs des correspondants, lieux d'écoute ou de transmission, mais aussi, il doit encore se conformer strictement aux prescriptions suivantes :

1° Ne jamais utiliser le poste pour des conversations particulières (graphie ou phonie) avec les opérateurs des postes en liaison, mais

se borner exclusivement au trafic, avec emploi des préambules et abréviations de service réglementaires.

2° Ne jamais répondre lui-même à un télégramme « demande de renseignements »; il doit toujours rester organe de liaison, et les demandes et réponses personnelles seules possibles sont celles prévues pour le service, et avec les formules réglementaires.

3° Prévenir l'autorité desservie et l'autorité dirigeant le service de toute anomalie notoire constatée dans les transmissions des correspondants.

4° Ne jamais indiquer les lieux.

5° Ne jamais mentionner de noms de personnes. Cette dernière recommandation est particulièrement importante pour les conversations radiotéléphoniques assurées par les émetteurs à ondes très courtes ER41 et plus récents qui sont utilisés en fait comme un poste de téléphone, mais qui ont sur ceux-ci l'inconvénient de diffuser partout la communication.

DISCIPLINE, EXACTITUDE, CÉLÉRITÉ et DISCRÉTION, telles sont les qualités du Radio.

Mais la valeur de son travail, l'étendue des services qu'il est appelé à rendre sont fonction de sa formation technique.

Former des Radios compétents, tel est le but de ce cours spécialisé, et nous espérons que cet ouvrage ne décevra pas trop les espoirs des instructeurs, des élèves et de l'auteur. La tâche est immense, et les bons ouvriers sont appelés par les vœux de tous.

G. G.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS.. 4
AVERTISSEMENT DE L'AUTEUR POUR LA 2e ÉDITION.. . 5
» » » » 3e ÉDITION.... 6

PREMIÈRE PARTIE. — PHYSIQUE

1re LEÇON. — DÉFINITIONS ÉLÉMENTAIRES DE PHYSIQUE 7
1. Unités; Systèmes d'unités. — 2. Définition d'une force. — 3. Unités de force. — 4. Définition du travail. — 5. Unités de travail. — 6. Définition de la puissance. — 7. Unités de puissance. — 8. Unités quantitatives de travail dérivées des unités de puissance. — 9. Exemple résumé du calcul d'un travail et d'une puissance. — 10. Définition de l'énergie; Unités. — 11. Formes de l'énergie. — 12. Transformation de l'énergie. — 13. Conservation de l'énergie. — 14. Dégradation de l'énergie; Classification des formes de l'énergie. — 15. Rendement. — 16. Unités thermiques de travail; Equivalences.

PREMIÈRE PARTIE (suite). — ÉLECTRICITÉ

2e LEÇON. — ÉTAT ÉLECTRIQUE D'UN CORPS. — CORPS ISOLANTS. — CORPS CONDUCTEURS 16
17. Constitution de la matière. — 18. Etat électrique d'un corps chargé négativement. — 19. Etat électrique d'un corps chargé positivement. — 20. Attraction et répulsion des « masses d'électricité » et par suite des corps chargés électriquement. — 21. Corps isolants. — 21 *bis*. — Corps bons conducteurs. — 22. Champ électrique.

3e LEÇON. — ÉNERGIE ÉLECTRIQUE : COURANT......... 19
23. Potentiel et différence de potentiel. — 24. Courant électrique. — 25. Volt. — 26. Débit ou intensité du courant; Ampère. — 27. Effets du courant électrique. — 28. Puissance d'un courant électrique. — 29. Relation entre volt, ampère et watt. — 30. Energie électrique. — 31. Sens du courant électrique. — 32. Règle du bonhomme d'Ampère.

4e LEÇON. — CIRCUIT ÉLECTRIQUE : GÉNÉRATEURS, CONDUCTEURS, RÉCEPTEURS 23
33. Entretien de la différence de potentiel : générateur. — 34. Utilisation de l'énergie électrique : récepteur. — 35. Liaison du générateur au récepteur : conducteurs. Nécessité d'un circuit fermé.

Pages

5e LEÇON. — LOIS RÉGISSANT LES CONDUCTEURS: (LOIS D'OHM, DE JOULE. — RÉSISTIVITÉ. — CHUTE DE TENSION. — F.E.M. — ASSOCIATION DES CONDUCTEURS) 26

36. Résistance électrique. — 37. Loi d'Ohm. — 38. Unité de résistance : ohm. — 39. Résistivité. — 40. Coefficient de température. — 41. Loi de Joule. — 42. Chute de tension dans un conducteur. — 43. Force électromotrice. — 44. Association des conducteurs : en série. — 45. Association des conducteurs : en parallèle. — 46. Association des conducteurs dans les circuits multiples : loi des sommets (loi de Kirchoff). — 47. *Tableau résumé des unités pratiques utilisées pour les circuits électriques.*

6e LEÇON. — GÉNÉRATEURS ET RÉCEPTEURS CHIMIQUES 35

1° PILES 35

48. Principe. — 49. Phénomènes secondaires: polarisation. — 50. Constitution d'un élément de pile. — 51. Caractéristiques d'une pile. — 52. Types de piles. — 53. Emploi des piles. — 54. Association des piles : couplage série. — 55. Association des piles : couplage parallèle. — 56. Association des piles : couplage mixte.

2° ACCUMULATEURS 43

57. Propriétés. — 58. Phénomènes de charge et de décharge : mécanisme de ces transformations d'énergie. — 59. Constitution exacte d'un accumulateur au plomb. — 60. Force électromotrice d'un élément d'accu. — 61. Capacité d'un accumulateur. — 62. Charge de l'accumulateur. — 63. Décharge de l'accumulateur. — 64. Accumulateurs au cadmium-nickel. — 65. Groupement des éléments d'accumulateurs. — 66. Entretien des accumulateurs au plomb. — 67. Entretien des accumulateurs au cadmium-nickel.

3° ELECTROLYSE 51

68. Principe de l'électrolyse. — Lois de Faraday de l'électrolyse. — 69. Electrolyse industrielle. — 70 Tension nécessaire. — 71. Fabrication des produits chimiques.

7e LEÇON. — MAGNÉTISME 53

72. Aimants. — 73. Pôles. — 74. Action réciproque de deux aimants. — 75. Champ magnétique. — 76. Lignes de force. — 77. Flux de force. — 78. Perméabilité. — 79. Induction. — 80. Variation de la perméabilité. — 81. Hystérésis.

8e LEÇON. — ÉLECTRO-MAGNÉTISME 57

1° PRODUCTION D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE PAR UN COURANT 57

82. Solénoïde. — 83. Sens du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde et donc détermination des pôles. — 84. Intensité du champ magnétique créé par un courant dans un solénoïde. — 85. Solénoïdes à noyau de fer : électro-aimants. — 86. Ampères-tours. — 87. Entrefer. — 88. Force portante d'un électro-aimant. — 89. Solénoïde sur circuit magnétique fermé.

Pages

2° PRODUCTION D'UN COURANT PAR UN CHAMP MAGNÉTIQUE. 61

90. Création d'un courant induit dans un circuit fermé. — 91. Sens du courant induit dans un circuit fermé. — 92. Courant induit dans un solénoïde par un solénoïde voisin parcouru par un courant variable. Bobine d'induction. — 93. Induction sur une partie du conducteur d'un circuit. — 94. Courants de Foucault. — 95. Self-induction. — 96 Coefficient de self-induction : Henry. — 97. Induction mutuelle.

3° ACTION RÉCIPROQUE DES COURANTS ET DES CHAMPS MAGNÉTIQUES 67

98. Cas d'une boucle parcourue par un courant et se trouvant dans un champ magnétique. — 99. Cas d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant et se trouvant dans un champ magnétique. — 100. Applications des lois de l'électromagnétisme.

9e LEÇON. — APPAREILS DE MESURE 70

101. Principe des appareils de mesure électromagnétiques. — 102. Appareils électromagnétiques à aimant mobile. — 103. Appareils électromagnétiques à cadre mobile. — 104. Appareils électromagnétiques à palette de fer doux. — 105. Appareils de mesure non électromagnétiques : appareils thermiques. — 106. Appareils : le galvanomètre. — 107. Le voltmètre. — 108. L'ampèremètre; Shunts. — 109. Boîtes de contrôle ou radio-contrôleurs milliampèremètre-voltmètre. — 110. Le wattmètre.

10e LEÇON. — GÉNÉRATEURS MÉCANIQUES : MAGNÉTOS (1) ET DYNAMOS 79

111. Parties essentielles des magnétos et dynamos. — 112. Principe de fonctionnement. — 113. Collecteurs et balais. — 114. Force électromotrice en volts d'une magnéto ou dynamo. — 115. Inducteur. — 116. Générateurs à entraînement mécanique. — 117. Dynamo excitation série. — 118. Dynamo excitation shunt. — 119. Dynamo excitation compound. — 120. — Rendement d'une dynamo.

11e LEÇON. — RÉCEPTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.... 89

1° RÉCEPTEURS MÉCANIQUES : LES MOTEURS... 89

121. Principe de fonctionnement. — 122. Sens de rotation du moteur. — 123. Moteur à excitation série. — 124. Moteur à excitation shunt. — 125. Moteur à excitation compound (mixte). — 126. Force contre électromotrice des moteurs — 127. Vitesse d'un moteur.

2° RÉCEPTEURS THERMIQUES : ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE. 93

128. Eclairage électrique par lampe à incandescence. — 129. Rendement lumineux d'une lampe à incandescence. — 130. Emploi de lampes à incandescence comme résistances. — 131. Emploi des lampes à incandescence pour l'éclairage. — 132. Eclairage électrique par arc. — 133. Chauffage électrique par résistance — 134. Chauffage électrique par arc.

(1) Magnétos à courant continu.

Pages

12e LEÇON. — NOTIONS SIMPLES DE TRIGONOMÉTRIE ET ÉTUDE DES FONCTIONS PÉRIODIQUES............ 98

135. Sinus d'un angle et variation du sinus lorsque l'angle varie. — 136. Fonction du temps. — 137. Fonction sinusoïdale. — 138. Fonction périodique du temps. — 139. Période. — 140 Fréquence. — 141. Alternances. — 142. Phase. — 143. Avance et retard de phase. — 144 Opposition de phase. — 145. Amplitude maximum. — 146. Amplitude moyenne. — 147. Amplitude efficace. — 148. Somme de deux grandeurs sinusoïdales de même période. Remarque sur cette étude des fonctions sinusoïdales.

13e LEÇON. — LES COURANTS ALTERNATIFS............. 106

149. Courant alternatif. — 150. Différence de potentiel alternative. — 151. Période du courant alternatif. — 152. Alternance; Fréquence; Phase. — 153. Courants monophasés — diphasés — triphasés. — 154. Déphasage : retard ou avance de la variation de la différence de potentiel sur la variation du courant. — 155. Valeur efficace de l'intensité d'un courant. — 156. Valeur efficace de la différence de potentiel. Note sur les calculs par construction vectorielle.

14e LEÇON. — LES CONDENSATEURS 112

157. Principe : charge et décharge d'un condensateur. — 158. Analogie hydraulique du fonctionnement d'un condensateur. — 159. Capacité d'un condensateur. — 160. Calcul de la capacité d'un condensateur. — 161. Association des condensateurs. — 162. Construction des condensateurs. — 163. Rôles des condensateurs — 164. Condensateurs variables. — 165. Capacités dites parasites.

15e LEÇON. — EFFET DES CONDENSATEURS ET DES SELFS DANS LES CIRCUITS A COURANT ALTERNATIF. 121

1° EFFETS DES CONDENSATEURS 121

166. Les condensateurs transmettent les courants alternatifs. — 167. Valeur du courant lorsque le circuit comprend un condensateur : impédance. — 168. Valeur du courant et de l'impédance dans un circuit qui comprend un condensateur et une résistance. — 169. Décalage entre le courant et la différence de potentiel lorsque le circuit comprend un condensateur.

2° EFFET DES SELFS 125

170. Self, ou bobinage présentant un coefficient de self-induction. — 171. Valeur du courant lorsque le circuit (à courant alternatif) comprend une self. — 172. Valeur du courant lorsque le circuit (à courant alternatif) comprend une self et une résistance. — 173. Décalage entre le courant et la différence de potentiel lorsque le circuit comprend une self.

3° EFFET DES CONDENSATEURS ET DES SELFS ASSOCIÉS.................................... 128

174. Valeur du courant et de l'impédance dans un circuit à courant alternatif comprenant résistance, self et condensateur en série. — 175. Résonance d'un circuit comprenant self et condensateur en série. — 176. Résonance d'un circuit comprenant self et condensateur en parallèle. — 177. Coefficient de surtension d'un circuit série ou parallèle lorsque la fréquence du courant est celle de la résonance du circuit.

Pages

16ᵉ LEÇON. — **MESURES DES COURANTS ALTERNATIFS.** 132

178. Mesure de l'intensité efficace d'un courant alternatif. — 179. Mesure de l'intensité maximum d'un courant alternatif. — 180. Mesure de la tension efficace aux bornes d'un circuit. — 180 *bis* Mesure de la tension de crête aux bornes d'un circuit.. — 181. Mesure d'une impédance et par suite de la valeur d'une self ou de la valeur d'un condensateur. — 182. Mesure de la puissance développée par un courant alternatif.

17ᵉ LEÇON. — **ALTERNATEURS ET ALTERNO-MOTEURS..** 137

1° LES ALTERNATEURS 137

183. Principe de fonctionnement d'un alternateur simple. — 184. Alternateurs à pôles multiples. — 185. Parties mobiles des alternateurs. — 186. Excitation de l'inducteur. — 187. Description de l'alternateur à fer tournant Y. — 188. Alternateurs triphasés.

2° LES ALTERNO-MOTEURS 140

189. Moteurs synchrones à champ magnétique constant. — 190. Moteurs synchrones pour courants triphasés. — 191. Moteurs d'induction. — 192. Moteurs universels pour courant alternatif ou courant continu.

18ᵉ LEÇON. — **LES TRANSFORMATEURS** 142

193. Rôle du transformateur. — 194. Etablissement d'un transformateur. — 195. Rapport d'un transformateur. — 196. Calcul d'un transformateur. — 197. Noyau du transformateur. — 198. Emplois des transformateurs.

19ᵉ LEÇON. — **REDRESSEMENT DES COURANTS ALTERNATIFS**.. 147

199. Principe du redressement d'un courant alternatif. — 200. Valeur de la tension continue redressée d'après la valeur de la tension alternative fournie. — 201. Redresseurs. — 202. Filtrage du courant redressé pour obtenir un courant continu pur. — 203. Transformation d'un courant continu en courant alternatif.

*DEUXIÈME PARTIE. — **THÉORIE DE LA RADIO***

20ᵉ LEÇON. — **PRINCIPES DE LA RADIOTRANSMISSION..** 152

204. Rayonnement électromagnétique. — 205. Fréquence du rayonnement électromagnétique. — 206. Fréquence des différents phénomènes vibratoires. — 207. Vitesse de propagation du rayonnement. — 208. Longueur d'onde d'un rayonnement donné. Tableau des longueurs d'onde. — 209. Radiotransmission d'un signal : radiotélégraphie et radiotéléphonie.

Pages

21e LEÇON. — CIRCUITS OSCILLANTS ET GÉNÉRATION D'ONDES AMORTIES 157

1° CIRCUIT OSCILLANT 157
210. Décharge oscillante. — 211. Fréquence des oscillations; Valeur de la période; Longueur d'onde.

2° GÉNÉRATION DES ONDES AMORTIES 159
212. Ondes amorties. — 213. Renouvellement des décharges oscillantes : trains d'ondes. — 214. Emetteur simple d'ondes amorties. — 215. Inconvénients des ondes amorties.

22e LEÇON. — ÉTUDE DES CIRCUITS HAUTE FRÉQUENCE 163
216. Résonance d'un circuit fermé; Accord. — 217. Résistance haute fréquence d'un circuit accordé. — 218. Couplage de deux circuits fermés. — 219. Modes de couplage. — 220. Degré de couplage : couplages lâche et serré; couplage critique. — 221. L'ondemètre à absorption, application du couplage de deux circuits.

23e LEÇON. — ONDES ENTRETENUES ET ONDES ENTRETENUES MODULÉES (mod. en amplitude et en fréquence). 170
222. Générateurs directs d'ondes entretenues : alternateurs haute fréquence et multiplicateurs de fréquence. — 223. Entretien des oscillations d'un circuit oscillant. — 224. Incorporation d'une modulation basse fréquence à l'onde haute fréquence (modulation en amplitude). 224 *bis*. — Théorie de la modulation en fréquence.

24e LEÇON. — LES ANTENNES 178
225. Circuit oscillant ouvert. — 226. Modification de la fréquence de résonance, donc de la longueur d'onde propre, d'une antenne. — 227. Couplage entre le circuit oscillant ouvert (antenne) et le circuit oscillant fermé générateur des oscillations H. F. — 228. Contrôle de l'énergie rayonnée par l'antenne de l'émetteur. — 229. Différents systèmes antenne-terre. — 230. Qualités d'une bonne antenne. — 230 *bis*. Courbes de champ d'un émetteur. Diagramme de rayonnement d'une antenne d'émetteur et de plusieurs antennes associées. — 231. Antennes de réception. — 231 *bis*. Diagramme des antennes de réception.

25e LEÇON. — ÉMISSION ET PROPAGATION DU RAYONNEMENT. 188
232. Représentation schématique d'un émetteur. — 233. Propagation du rayonnement. — Fading.

26e LEÇON. — RÉCEPTION : ACCUEIL DES ONDES. — SÉLECTION DE L'ONDE DÉSIRÉE 194
234. — Dispositif d'accueil des ondes : le circuit antenne-terre. — 235. Autre système collecteur d'ondes : le cadre. — 236. Circuits haute fréquence de liaison et de synthonie. — 237. Variation d'accord des circuits de réception.

Pages

27e LEÇON. — **RÉCEPTION : UTILISATION DE L'ONDE**.... 198

1° DÉTECTION.. 198

238. Détection d'un signal haute fréquence. — 239. Détecteurs employés. — 240. Schéma du circuit de détection d'un récepteur.

2° REPRODUCTION SONORE 200

241. Fonctionnement d'un écouteur : reproduction des sons. — 241 *bis*. Les hauts-parleurs. — 242. Détection des signaux BF lorsque la modulation de l'onde porteuse avait été faite en fréquence. — — Limiteur d'amplitude. — Discriminateur.

28e LEÇON. — **LA LAMPE : DIODE ET TRIODE**............ 205

1° LA LAMPE DIODE 205

243. Principe de la lampe électronique : diode. Saturation. — 244. Redressement d'un courant alternatif par valve. — 245. Détection d'une oscillation H.F. par une lampe diode.

2° LAMPE TRIODE 209

246. Principe de la lampe triode : rôle de la grille dans la marche des électrons. — 247. Caractéristiques d'une lampe triode : caractéristique grille, pente, caractéristique plaque, résistance interne, coefficient d'amplification. Influence de la valeur de la tension-plaque dans une lampe triode.

29e LEÇON. — **L'AMPLIFICATION HAUTE ET BASSE FRÉQUENCE PAR LAMPE** 214

1° PRINCIPES DE L'AMPLIFICATION 214

248. Principe de fonctionnement de la lampe amplificatrice. — 249. Polarisation négative de grille. — 250. Valeur de l'amplification.

2° L'AMPLIFICATION HAUTE FRÉQUENCE 216

251. Choix d'un schéma d'utilisation de la lampe en amplificatrice H. F. — 252. Amplification d'un étage H. F. à lampe triode. — 253. Difficultés de l'amplification H. F. par lampe triode.

3° L'AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE 220

254. Méthodes de liaison des étages amplificateurs basse fréquence : liaison par transformateur B. F. liaison par résistance et capacités, liaison par self B. F. et capacité. — 255. Amplification basse fréquence de tension. — 256. Amplification basse fréquence de puissance.

30e LEÇON. — **LA LAMPE DÉTECTRICE (TRIODE)**........ 225

257. Détection grille par lampe triode. — 258. Détection plaque par lampe triode.

31e LEÇON. — **LA LAMPE OSCILLATRICE : PRODUCTION DES ONDES ENTRETENUES** 230

259. Mécanisme de l'entretien des oscillations d'un circuit par une lampe triode. — 260. Longueur d'onde émise. — 261. Variantes de montages de la lampe oscillatrice. — 261 *bis*. Valeurs des sources d'alimentation des montages oscillateurs. — 262. La lampe oscillatrice commandée par quartz.

Pages

32e LEÇON. — **LAMPES A ÉLECTRODES MULTIPLES : BIGRILLES. — LAMPES A ÉCRAN. — PENTHODES**. . . 237

263. Lampes bigrilles. — 264. Lampe à grille écran. — 265. Lampe penthode. — 265 *bis.* Lampe à faisceaux électroniques dirigés. — 266. Lampes pour haute fréquence (écran ou penthodes) à pente variable. 266 *bis.* Lampes spéciales pour ondes très courtes. 266 *ter.* Tubes dits « klystrons » pour ondes centimétriques. — 267. Lampe à plusieurs électrodes montée comme inductance (self) ou réactance (capacité) variable. Note sur les magnétrons.

33e LEÇON. — **LA RÉCEPTION PAR CHANGEMENT DE FRÉQUENCE**. 250

268. Principe et buts des récepteurs à changement de fréquence. — 268 *bis.* Avantages du changement de fréquence. — 269. Choix de la valeur moyenne fréquence. — 270. Changement de fréquence par lampe bigrille. — 271. Amplificateur moyenne fréquence. — 272. Lampes spéciales multigrilles pour changement de fréquence : heptode, octode, triode-hexode.

34e LEÇON. — **LES SOURCES D'ALIMENTATION DES LAMPES ÉLECTRONIQUES** 256

1° LE CHAUFFAGE 256

273. Chauffage direct: le circuit du chauffage. — 273 *bis.* Chauffage indirect : lampes pour « postes secteur ».

2° LA TENSION PLAQUE 258

274. Alimentation haute tension par batteries. — 275. Alimentation haute tension par générateur (machine à main ou convertisseur) avec filtrage du courant fourni. Vibreur HT sur accus. — 276. Alimentation haute tension en courant alternatif réel pour les émetteurs d'ondes entretenues. — 277. Alimentation haute tension par le secteur alternatif. — 278. Alimentation haute tension par tous secteurs.

3° LES POLARISATIONS 262

279. Polarisation des lampes batteries : par pile. — 280. Polarisation des lampes à chauffage indirect : polarisation automatique par résistance.

4° LES TENSIONS DES ÉLECTRODES AUXILIAIRES. 264

281. Prises intermédiaires sur les batteries. — 282. Tension auxiliaire par résistance chutrice avec condensateur de découplage. — 283. Tension auxiliaire par pont de résistances, avec condensateur de découplage. 283 *bis.* Tensions auxiliaires par tubes régulateurs à gaz (stabilovolts). — 283 *ter.* Alimentations stabilisées par tubes à vide.

TROISIÈME PARTIE. — ***TECHNOLOGIE***

35e LEÇON. — **TECHNOLOGIE DE L'ÉMISSION** 269

1° ÉMISSION SUR ONDES AMORTIES 270

284. Ce qu'était le poste émetteur à étincelles.

Pages

2° ÉMISSION SUR ONDES ENTRETENUES SANS PILOTE (PAS D'AMPLI HF) ET SANS CONTROLE QUARTZ 272

285. Lampes oscillatrices. — 286. Les circuits oscillateurs : montages, bobinages employés, réglage de l'accord. 286-3. Emetteur de campagne O.C. Hartley 1 lampe. — 286-5. Emetteur de bord M.O. marine marchande B41K. — 286-6. Emetteur symétrique O.C. — 286-7. Emetteur portatif O.T.C. sans ampli HF (ER 41). — 286 *bis*. — Gammes d'ondes utilisées en émission (tableau). — 287. Vérification de l'oscillation d'un émetteur. — 287 *bis*. — Stabilité des émetteurs, enceintes thermiques.

3° ÉMISSION SUR ONDES ENTRETENUES AVEC ÉTAGE PILOTE 284

288. Principe des montages à étage oscillateur pilote, suivi d'étages amplificateurs H.F. Principe de la multiplication de fréquence. — 289-1. Quelques réalisations d'émetteurs modernes de trafic à oscillateur pilote et ampli H.F. 289-2. Emetteur-récepteur de couplage SCR 694. — 289-3. Emetteur toutes ondes d'avion 40-1.500 m. SARAM 3-10. — 289-4. Emetteur ondes courtes poste fixe ou semi-fixe SFR AS-59. — 289-5. Emetteur O.T.C. P.C. aérodromes, SADIR 2314. — Amplificateurs symétriques classe C. — 289-6. Emetteur O.T.C. d'avion Ri 537. — 290. Réglage des émetteurs pilotés : Dispositifs complémentaires modernes pour le contrôle des émetteurs : longueurs d'ondes repérées, commande de chauffage de l'enceinte thermique, tensions réduites sur l'ampli pendant l'accord des circuits, relais, contrôle visuel de l'émission, contrôle acoustique de la manipulation, limitation automatique des tensions HT lorsque l'émetteur est mal accordé, dispositifs d'écoute inter-signes.

4° ÉMISSION SUR ONDES ENTRETENUES CONTRÔLÉE PAR QUARTZ 305

291-1. Montages émetteurs à cristal; réglages. — 291-1 *bis*. Emetteur de détresse S.F.R. 1 F ou 2 F, circuits HF. — 291-2. Emetteur quartz à un seul étage, portatif (militaire). — 292-1 Montage à pilote contrôlé par cristal, et étages amplificateurs H.F.; étages multiplicateurs de fréquences; réglages. — 292-1 *bis*. Emetteur de Marine Marchande MR303. — 292-2. Emetteur-valise militaire quartz+ampli H.F., O.C. — 292-3. Emetteur O.C. des ensembles émetteurs-récepteurs américains « handie-talkie » SCR 536 (BC 611). — 292-4. Emetteur de Marine Marchande MZ 307, OT. — 292-5. Emetteur O.T.C. (2 mètres) à quartz et multiplication de fréquence BC 625 A. — 292-6. Emetteur-récepteur portable pour avions JRPP 3 AB de LMT.

5° ÉMISSION SUR ONDES MODULÉES EN FRÉQUENCE 317

293. Tableau des fréquences utilisées en FM. — 293-1. Emetteurs modulés en fréquence : constitution, description d'une station E-293 SADIR; Autres systèmes de modulation en fréquence. — 293-2. Emetteurs modulés en fréquence à onde porteuse contrôlée par quartz. — 293-3. Emetteurs pilotés modulés en fréquence, mais « stabilisés » par un quartz, montages alliés. — 293-4. Etage pilote d'émetteur modulé, en fréquence, la fréquence de trafic étant contrôlée et stabilisée à l'aide du récepteur associé qui, lui, possède un quartz en oscillation locale : SCR 609 et 610, portatif ou pour véhicules. — 293-5. Emetteur à modulation en fréquence par déphasage de la porteuse

Pages

(fréquence centrale établie par quartz) dans les étages d'amplification, grâce à une bobine à fer saturé : SCR 508-528. — 293-6. Emetteur-récepteur de police LMT ERM 3463 DX-1 FM. — 293-6 bis. Emetteurs FM à modulation sur l'étage séparateur CSF-SFR.

6° TRANSMISSION DES SIGNAUX PAR LES ÉMETTEURS A ONDES ENTRETENUES, PILOTES OU NON. 331

294. Radiotélégraphie : le manipulateur et son branchement. — 294 *bis*. Radiotélégraphie : manipulation par déplacement de fréquence dit shifting ou F_1. — 295. Radiotélégraphie : sur ondes entretenues pures dites A_1. — 295 *bis*. Radiotélégraphie sur ondes entretenues modulées dites A_2. — 295 bis-2. Modulateur A 2 de l'émetteur Radio Océan MZ 307. — 296. Radiotéléphonie, modulation de l'onde par un courant B.F. traducteur de la parole ou de la musique. Modulation en amplitude. — 296-1. Le Microphone. — 296-2. Modulation par absorption. — 296-3. Modulation par la plaque. — 296-3-2°. Modulateur A_3 de l'émetteur Radio Océan MR 303. — 296-4 Modulateur A_1 - A_2 - A_3 de l'emetteur MZ307 Radio Océan. — 296-5. Modulateur du handie-talkie émetteur-récepteur portatif SCR 536-BC 611. — 297. Commutateurs graphie-phonie, commutateurs généraux (exemples pris sur les types d'émetteurs utilisés dans les paragraphes précédents). — 297-1. Modulation de l'émetteur de détresse SFR 1 F ou 2 F. — 297-2. Commutations graphie pures, graphie modulées, phonie. — 297 *bis*. Schéma complet d'un émetteur modulé en phonie : le « Naviphone » des chalutiers.

36e LEÇON. — TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION. — ANTENNES; CONTREPOIDS; TERRE; CADRES; RADIOGONIOMÉTRIE. RADARS 351

298. Antennes unifilaires en L renversé et en T d'emploi courant. — 299. Antennes d'avions; Antennes de navires. — 300 Antennes pour O. C. et O. T. C. Antenne SCR 610. — 300 2°. Contrepoids sur le toit des véhicules. — 301. Prises de terre : Contrepoids; Masse à bord des avions. — 302-1. Cadres employés en radiotransmission; radiogoniométrie; terre; avions; P. S. V.; navires. — 302-2. Systèmes d'antennes verticales utilisés en radiogoniométrie ondes courtes (Adcock). — 302-3. Radiogoniométrie sur ondes très courtes (2-8 m.). — 302-4. La technique des radars.

37e LEÇON. — TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION. — MONTAGES RÉCEPTEURS 367

303. La détectrice à réaction : principe, accrochage, décrochage. — 304. Conséquences de l'effet de réaction; Réception des ondes entretenues pures. — 305. Quelques montages détectrices à réaction et dispositifs de dosage de l'effet de réaction. — 305 *bis*. Méthodes de réglage d'un récepteur détectrice à réaction. — 306. Montages récepteurs à super-réaction sur O.T.C. — 307. Etages amplification basse fréquence de ces récepteurs.

38e LEÇON. — TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION (*suite*). LE SUPERHÉTÉRODYNE, COMME RÉCEPTEUR CLASSIQUE DE RADIODIFFUSION ET COMME

Pages

RÉCEPTEUR DE TRAFIC A FAIBLE DISTANCE (SCR 536) 377

308. Caractéristiques générales du récepteur de radiodiffusion. — 309. Constitution d'un récepteur classique. — 310. Les compléments remarquables du récepteur radiophonique : commande unique; antifading. — 310 *bis*. Constitution des récepteurs de radiodiffusion plus perfectionnés. — 311. Récepteur superhétérodyne batteries de l'ensemble d'émission-réception « handie-talkie » SCR 536-BC 611.

39e LEÇON. — TECHNOLOGIE DE LA RÉCEPTION *(suite)*. LE SUPERHÉTÉRODYNE, RÉCEPTEUR DE TRAFIC RADIOTÉLÉGRAPHIQUE ET RADIOTÉLÉPHONIQUE. 389

312-1. Constitution générale du récepteur de trafic superhétérodyne. — 312-2. Récepteur de trafic toutes ondes SFR RU-95. — 312-3. Récepteurs ondes métriques (O. T. C.) SADIR R-87. — 312-4. Récepteur ondes 1,6 à 3 mètres SADIR R-87-HS. — 312-5. Récepteur ondes 1,9 à 3 mètres à quartz, fréquences fixes BC 624-A. — 312-6. Récepteurs spéciaux ondes courtes à double changement de fréquence. — 312-6 *bis*. Le récepteur de grand trafic à double changement de fréquence A.M.E. 7 G-1680. — 312-7. Récepteur à dispositif stabilidyne et comptage de fréquence. — 313. Montages oscillateurs locaux pour réception des ondes entretenues. — 314. Etude des compléments particuliers aux récepteurs de trafic : A, limitation de la bande passante par sélectivité variable; B, élimination des brouilleurs par filtre B.F.; C, élimination par filtre MF à quartz; D, limiteurs de parasites; E, systèmes « squelch », réglage silencieux. — 315. Récepteurs pour ondes modulées en fréquence : caractéristiques, étage limiteur, étage discriminateur, récepteur R 87 SADIR FM, autres types de limiteurs et de discriminateurs. — 315 *bis*. Squelch du récepteur FM des SCR 508-528-538 des chars. — 315 *ter*. Description complète d'un récepteur phonie à modulation de fréquence d'installation portative : le BC 659-A des installations SCR 609 (portatif) et SCR 610 (sur Jeep). — 315 *quater*. Récepteur à modulation de fréquence de l'appareil SFR MF-460. — 315 quinquiès. Récepteur à modulation de fréquence LMT ERM 3463.

40e LEÇON. — TECHNOLOGIE DE L'ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR. 429

316. Circuits communs à l'émetteur et au récepteur. — 316 *bis*. Emetteur-récepteur à circuits essentiels communs: le SCR 536-BC 611 handie-talkie — 317. Alimentation et antenne communes : Combinateurs émission-réception; Pupitres de commande; Commande E/R par le manipulateur (écoute inter-signes). — 317-1. Exemple d'association d'un émetteur et d'un récepteur modulés en fréquence avec les SCR 609 (portatif) et 610 (sur Jeep). — 317 *bis* Emission-réception phonie : systèmes duplex, alternat et alternat automatique, termineurs. — 318. Particularités de réglage d'un émetteur-récepteur. — 319. Interphones de bord.

41e LEÇON. — TECHNOLOGIE DES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION 438

320. Caractéristiques de batteries de piles employées. — 320 *bis*. Amorçage de piles. — 321. Caractéristiques de batteries d'accumulateurs em-

ployées. — 322. Recharge des batteries d'accumulateurs. — 323. Générateurs employés : machines à main; convertisseurs sur voitures automobiles radio ou sur avions ou à bord des navires. — 323*bis*. Haute tension à partir de la B.T. par vibreur et transfo. — 323 *ter*. Alimentation complète par piles ou vibreur HT des postes portatifs à modulation de fréquence SCR 609 et 610. — 324. Alimentation émetteurs-récepteurs; Emetteur SFR, AS-59; Station O.T.C. 4-8 m.; SADIR 2314; Accessoires; câbles de jonction; fiches de branchement; voltmètres et milliampèremètres de contrôle. — 324-2. Alimentation complète des installations SCR 508-528-538 des chars d'assaut. — 324-3 Groupes électrogènes (exemple : sur camions).

42e LEÇON. — **LA PRATIQUE DES INSTALLATIONS ET LA MISE EN SERVICE DES APPAREILS** 458

325. Choix du lieu et des conditions de trafic. — 326. Installation des antennes, installation du poste. — 327. Mise en service du poste. — 328. I. Mise en service d'un poste semi-fixe graphie-phonie (installa- SFR AS-59+SFR RU-95). — 329. II. Mise en service d'un émetteur-récepteur portatif à quartz pour trafic en campagne. — 329 *bis*. II *bis*. Mise en service de l'émetteur-récepteur « Walkie-Talkie » SCR 300, portatif à dos d'homme, modulé en fréquence (avec schéma complet). — 330. — III. Mise en service d'une installation de bord (marine). — 330 *bis*. III *bis*. Mise en service d'un émetteur-récepteur de bord de marine, type pour chalutiers : le Naviphone SFR. — 331. IV. Mise en service d'un émetteur-récepteur de bord (avion). Exemple : (SARAM). — 331 *bis*. IV. *bis*. Mise en service d'un émetteur-récepteur de bord U.H.F. sur avion. — 332. V. Mise en service d'un émetteur-récepteur sur O.T.C. — 333. Liaison O.T.C. sur ondes dirigées, altimètres, radiophares. — 333 *bis*. VI. Mise en service d'un émetteur-récepteur pour véhicules (chars) modulé en fréquence : les SCR 508 et 528.

43e LEÇON. — **PRINCIPES DE LECTURE AU SON ET MANIPULATION** 483

334. Alphabet morse. — 335. Manipulation. 336. Lecture au son : méthodes d'entraînement. — 337. Vitesse de manipulation.

44e LEÇON. — **MÉTHODES D'EXPLOITATION D'UN RÉSEAU ET TRAFICS LIBRES** 487

338. Postes formant le réseau. — 339. Poste directeur du trafic. — 340. Postes secondaires. — 341. Equipement d'un poste de réseau. — 342. Indicatifs. — 343. Réseau libre, réseau dirigé. — 344. Méthode classique de calage d'un réseau. — 345. Méthodes « automatiques » de calage. — 346. Mode d'exploitation pour postes à grand trafic. Code Q. — 346 *bis*. Classification des signaux de transmission d'après le type de modulation.

45e LEÇON. — **ÉCOUTE ET TRANSMISSION** 495

347. Buts des règles de service. — 348. Signaux de service. — 349. Abréviations de service. — 350. Appels et préambules. — 351. Ordre de priorité des télégrammes. — 352. Application pratique des

règles de service (exemples). — 252 *bis*. Règles de service en radiotéléphonie. — 353. Le procès-verbal d'exploitation. — 354. — Méthodes de trafic modernes.

46e LEÇON. — **LE DÉPANNAGE DES APPAREILS**............ 505

1° VÉRIFICATION DES APPAREILS ET DÉPANNAGES SIMPLES AU LIEU MÊME DE TRAVAIL.. 506

355. Outillage de dépannage prévu dans l'équipement du poste. — 356. Méthode générale de localisation de la panne. — 357. Étude des différents cas de pannes survenant en service.

2° LE DÉPANNAGE A L'ATELIER DU PARC........ 518

358. Outillage nécessaire aux dépanneurs. — 359. Méthode de localisation de la panne dans un émetteur. Plan d'émetteur (BC 604), avec indication des tensions en fonctionnement à chaque électrode de lampes : le SCR 508-528 des chars. — 360. Méthode de localisation de la panne dans un récepteur. Plans de récepteur (BC 603) avec toutes valeurs pour dépannage à l'ohmmètre, avec tableaux : le SCR 508-528-538 des chars. — 361. Dépannage des organes d'alimentation. — 362. Réalisation d'une boîte d'alimentation pour l'atelier de dépannage fournissant toutes les tensions utiles. — 363. Technologie des résistances.

CONCLUSION. — **IMPORTANCE DES TRANSMISSIONS RADIO**.. 548

Discipline, exactitude, célérité et discrétion du radio.

ACHEVÉ D'IMPRIMER EN SEPTEMBRE 1957
SUR LES PRESSES DE L'I. F. M. R. P.
4, RUE CAMILLE - TAHAN A PARIS

N° d'ordre éditeur. 6
Dépôt légal 3e trimestre 1957
Imprimé en France.

ÉDITIONS CHIRON

Traité de radioguidage. par OSTROVIDOW.

★

Les postes radio-électriques de bord.

(Navires et Avions)

par X. REYNES.

★

L'alphabet Morse en dix minutes.

par LAROCHE et GINIAUX.

★

La modulation de fréquence.

par P. BESSON.

★

Les récepteurs à modulation de fréquence.

par J. CERF.

★

Ce que le technicien doit savoir du radar.

par L. CHRÉTIEN. (3e édition)

T.S.F. et T.V. le n° 135 fr.

La revue mensuelle d'études pratiques en radio et en télévision.

Numéro spécimen gratuit sur demande.

40, RUE DE SEINE — PARIS (6e)